

**PEMBUATAN ALAT PRAKTIKUM
PERAWATAN POMPA SUMUR DALAM
(*DESIGN AND MANUFACTURE OF DEEP WELL PUMP
MAINTENANCE LABORATORY APPARATUS*)**



PROYEK AKHIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan guna
memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md)
Program Studi DIII Teknik Mesin

Disusun oleh :

EKO SUSILO

I 8107012

**PROGRAM DIPLOMA III MESIN PRODUKSI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2010

HALAMAN PERSETUJUAN

PEMBUATAN ALAT PRAKTIKUM PERAWATAN
POMPA SUMUR DALAM (*DEEP WELL PUMP*)



Disusun Oleh :

EKO SUSILO

I 8107012

Proyek Akhir ini telah disetujui untuk diajukan dihadapan Tim Penguji

Tugas Akhir Program Studi D-III Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Sebelas Maret Surakarta

Pembimbing I

Pembimbing II

SYAMSUL HADI, ST. MT.
NIP. 19710615 199802 1 002

EKO SUROJO, ST. MT
NIP. 19690411 200003 1 006

PENGESAHAN

Proyek Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan Tim penguji Proyek Akhir Program Studi D III Teknik Mesin Produksi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta dan diterima untuk memenuhi persyaratan mendapat gelar Ahli Madya.

Pada hari :

Tanggal :

Tim Penguji Proyek Akhir

1. Ketua/Penguji I

Syamsul Hadi, S.T., M.T.
NIP. 19710615 199802 1 002

2. Penguji II

Eko Surojo, S.T., M.T.
NIP. 19690411 200003 1 006

3. Penguji III

Eko Prasetya Budiana, S.T., M.T.
NIP. 19710926 199903 1 002

4. Penguji IV

Heru Sukanto, S.T., M.T.
NIP. 19720731 199702 1 001

Mengetahui,
Ketua Program D-III Teknik
Fakultas Teknik UNS

Disahkan,
Koordinator Proyek Akhir
Fakultas Teknik UNS

Zainal Arifin, S.T., M.T.
NIP. 19730308 200003 1 001

Jaka Sulistya Budi, S.T.
NIP. 19671019 199903 1 001

MOTTO

- *Manusia sepantasnya berusaha dan berdoa, tetapi Tuhan yang menentukan.*
- *Apa yang kita cita-citakan tidak akan terwujud tanpa disertai tekad dan usaha yang keras.*
- *Tidak ada suatu rencana tidak dapat terwujud kala kita punya keyakinan dan mengubah cara pandang kita semua itu dapat terwujud karena tekad semangat dan keyakinan.*
- *Tiada sesuatu yang paling indah di dunia ini kecuali keberhasilan.*
- *Kegagalan merupakan sebuah proses menuju keberhasilan.*
- *Orang yang mengabaikan orang lain lambat laun akan mengabaikan dirinya sendiri.*

PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini kami persembahkan kepada :

1. Bapak dan Ibuku tercinta terima kasih atas semua dukungan, do'a, materi dan segala bimbingannya.
2. Semua keluargaku yang tersayang terima kasih atas semua do'a dan dukungannya.
3. Rekan-rekan mahasiswa D-III Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta angkatan 2007 terima kasih atas semua bantuannya.
4. Teman-teman kelompok Proyek Akhir terima kasih atas semua kerja sama dan bantuannya.
5. Semua orang yang telah berjasa bagi penulis atas terselesainya Laporan ini.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Laporan Proyek Akhir ini.

ABSTRAKSI

KELOMPOK TA, 2010, “ LAPORAN TUGAS AKHIR PEMBUATAN ALAT PRAKTIKUM PERAWATAN POMPA SUMUR DALAM (DEEP WELL PUMP) “.

PROGRAM DIPLOMA TIGA, TEKNIK MESIN PRODUKSI, FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA.

Perkembangan teknologi di berbagai bidang pada saat ini sangat cepat. Tenaga manusia sekarang ini hanya sebagai pembantu proses, hampir semua pekerjaan sekarang ini banyak dikerjakan oleh mesin. Pompa merupakan salah satu contoh mesin yang membantu pekerjaan manusia. Mesin-mesin itu tidak selamanya bisa dipakai terus menerus, ada umur pakai yang membatasi penggunaan alat itu. Semua alat-alat itu membutuhkan perawatan. Perawatan dapat berupa pembersihan, pengecekan, pengaturan, penggantian komponen dan lain-lain. Oleh karena itu, dibuatlah alat peraga praktikum perawatan dasar tentang pompa sumur dalam (*deep well pump*).

Metode dalam perancangan mesin ini berupa *interview*, *observasi*, *literatur*, perancangan, dan produksi. Proses pembuatannya melalui beberapa tahapan yaitu pemotongan, pengelasan, penekukan dan perakitan komponen.

Dari hasil perancangan pembuatan alat praktikum perawatan pompa sumur dalam (*deep well pump*) didapat efisiensi pompa = 36,16 %, total biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan alat tersebut adalah sebesar Rp 5.900.800,-

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAKSI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Maksud dan Tujuan	2
1.5. Manfaat Proyek Akhir	2
1.6. Metodologi	3
1.7. Sistematika Penulisan	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Pompa.....	6
2.1.1 Karakteristik Sistem Pemompaan	6
2.1.2 Klasifikasi Pompa	9
2.2. Poros.....	10
2.3. Impeller	13
2.4. Statika.....	14
2.5. Pengelasan.....	17
2.6. Bor.....	20

2.7. Gergaji.....	22
2.8. Sambungan Keling.....	24
2.9. Alat Ukur.....	27
2.9.1 <i>Pressure Gauge</i>	27
2.9.2 <i>Voltmeter</i>	28
2.9.3 <i>Amperemeter</i>	29

BAB III ANALISA PERHITUNGAN

3.1. Keling.....	30
3.2. Rangka	31
3.3. Pengelasan.....	39
3.4. Poros.....	42
3.5. Pompa.....	43

BAB IV PEMBUATAN ALAT DAN ANALISA BIAYA

4.1. Gambar Alat.....	45
4.2. Alat dan Bahan.....	45
4.2.1. Bahan yang Digunakan	45
4.2.2. Alat yang Digunakan.....	46
4.3. Pembuatan Rangka.....	47
4.3.1. Pemotongan Rangka.....	47
4.3.2. Pengelasan.....	48
4.4. Pemotongan Plat	50
4.5. Pemasangan Plat	52
4.6. Proses Pengecatan.....	53
4.7. Perawatan	54
4.7.1. Macam-Macam Perawatan Pompa.....	54
4.7.2. Perawatan Pompa	55
4.7.3. Inspeksi/Pemeriksaan	56
4.8. Analisa Biaya	58
4.8.1. Biaya Bahan Baku Pengecatan.....	58

4.8.2. Biaya Sewa Alat dan Tenaga	58
4.8.3. Biaya Komponen Pembuatan Alat	59

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Kurva kinerja sebuah pompa.....	7
Gambar 2.2.	Titik operasi pompa	8
Gambar 2.3.	Sketsa prinsip statika kesetimbangan.....	14
Gambar 2.4.	Sketsa gaya dalam	15
Gambar 2.5.	Sketsa reaksi tumpuan rol	16
Gambar 2.6.	Sketsa reaksi tumpuan sendi	17
Gambar 2.7.	Sketsa reaksi tumpuan jepit.....	17
Gambar 2.8.	Sambungan tipe <i>butt joint</i>	18
Gambar 2.9.	Sambungan tipe <i>lap joint</i>	19
Gambar 2.10.	Sambungan tipe <i>edge joint</i>	19
Gambar 2.11.	Sambungan tipe <i>t joint</i>	19
Gambar 2.12.	Sambungan tipe <i>corner joint</i>	20
Gambar 2.13.	<i>Lap joint</i>	24
Gambar 2.14.	<i>Butt joint</i>	25
Gambar 2.15.	<i>Pressure gauge</i>	28
Gambar 2.16.	<i>Voltmeter</i>	28
Gambar 2.17.	<i>Amperemeter</i>	29
Gambar 3.1.	Pemasangan plat.....	30
Gambar 3.2.	Beban pada rangka	32
Gambar 3.3.	Tumpuan pada rangka	32
Gambar 3.4.	Reaksi gaya luar	34
Gambar 3.5.	Potongan kiri batang a – b.....	34
Gambar 3.6.	Potongan kiri batang b – c.....	35
Gambar 3.7.	Diagram gaya normal	36
Gambar 3.8.	Diagram gaya geser.....	37
Gambar 3.9.	Diagram momen lentur	37
Gambar 3.10.	Penampang baja hollow	38
Gambar 3.11.	Reaksi gaya terhadap kekuatan las.....	40
Gambar 4.1.	Alat praktikum	45

Gambar 4.2. Potongan panjang	47
Gambar 4.3. Potongan tinggi	47
Gambar 4.4. Potongan lebar.....	48
Gambar 4.5. Rangka samping kanan dan kiri	48
Gambar 4.6. Pengelasan rangka depan dan belakang	49
Gambar 4.7. Pengelasan rangka tengah	49
Gambar 4.8. Pengelasan rangka pintu.....	50
Gambar 4.9. Potongan plat samping dalam dan luar	50
Gambar 4.10. Potongan plat belakang	51
Gambar 4.11. Potongan plat pintu	51
Gambar 4.12. Potongan plat bawah	51
Gambar 4.13. Potongan plat laci bawah	52
Gambar 4.14. Potongan plat laci depan	52
Gambar 4.15. Potongan plat laci belakang	52

DAFTAR NOTASI

t	Tebal (mm)
d	Diameter (mm)
p	Pitch (mm)
τ	Tegangan Geser (N/mm ²)
σ_t	Tegangan tarik (N/mm ²)
F _s	Ketahanan geser (Kg)
F _t	Ketahanan sobek (Kg)
ρ	Massa jenis (Kg/m ³)
V	Volume (m ³)
m	Massa (Kg)
A	Luas penampang (mm ²)
I _{zz}	Momen Inersia (mm ⁴)
Y	Penampang komplek (mm)
M	Momen (N.mm)
Z	Modulus (mm ³)
σ_b	Tegangan Lentur (N/mm ²)
P	Daya (Watt)
T	Torsi (N.mm)
Q	Debit (m ³ /s)
H _p	Head pompa (mka)
P _o	Daya output (Watt)
P _i	Daya input (Watt)
H	Efisiensi (%)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dan laporan yang berjudul “Pembuatan Alat Praktikum Perawatan Pompa Sumur Dalam” ini dengan baik.

Proyek akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Ahli Madya dan untuk menyelesaikan program studi D-III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Banyak upaya dan usaha keras yang penulis kerjakan untuk mengatasi hambatan dan kesulitan yang ada selama pengerjaan proyek akhir ini. Dan berkat rahmat Allah SWT dan bantuan dari segala pihak, akhirnya tugas ini dapat terselesaikan. Untuk itu dalam kesempatan yang bahagia ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya.
2. Bp. Zainal Arifin, S.T., M.T. selaku Ketua Program D-III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Bp. Jaka Sulistya Budi, S.T. selaku Koordinator Proyek Akhir.
4. Bp. Syamsul Hadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Proyek Akhir.
5. Bp. Eko Surojo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Proyek Akhir
6. Semua Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

7. Ayah dan Ibunda tercinta beserta semua keluarga yang telah memberikan dukungan, do'a dan bimbingan kepada penulis.
8. Rekan-rekan mahasiswa D-III Teknik Mesin Produksi angkatan 2007 yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
9. Semua orang yang telah memberi kasih sayang, cinta, do'a dan semangat buat penulis.
10. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya Proyek Akhir dan penyusunan laporan ini.

Penulis yakin tanpa bantuan dari semua pihak, karya ini akan sulit terselesaikan dalam hal perancangan, pengujian, pembuatan laporan, dan dalam ujian pendadaran. Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini, maka penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kemajuan bersama.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya dan serta dapat menambah wawasan keilmuan bersama.

Surakarta, Juli 2010

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi di berbagai bidang pada saat ini sangat cepat. Tenaga manusia sekarang ini hanya sebagai pembantu proses, hampir semua pekerjaan sekarang ini banyak dikerjakan oleh mesin. Pompa merupakan salah satu contoh mesin yang membantu pekerjaan manusia. Penggunaan pompa saat ini sudah universal. Industri atau pabrik-pabrik, pekerjaan-pekerjaan gas, air dan bidang-bidang lain yang terlalu banyak untuk disebutkan disini akan sangat terbelakang apabila mesin-mesin tidak ada.

Mesin-mesin itu tidak selamanya bisa dipakai terus menerus, ada umur pakai yang membatasi penggunaan alat itu. Semua alat-alat itu membutuhkan perawatan untuk memaksimalkan umur pakainya. Perawatan dapat berupa pembersihan, pengecekan, pengaturan, penggantian komponen dan lain-lain. Oleh karena itu, dibuatlah alat peraga praktikum perawatan dasar tentang pompa sumur dalam (*deep well pump*).

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam proyek akhir ini adalah Pembuatan Alat Praktikum Perawatan pompa sumur dalam (*deep well pump*) yang dirancang sebagai alat peraga praktek perawatan dasar yang merupakan mata kuliah di Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Proyek Akhir ini adalah perancangan dan pembuatan alat praktikum perawatan pompa sumur dalam. Perhitungan dibatasi untuk kekuatan rangka dan efisiensi pompa serta kekuatan porosnya.

1.4 Maksud dan Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan laporan proyek akhir ini dapat digolongkan menjadi 2 jenis yaitu :

1. Tujuan Akademis
 - a. Sebagai salah satu syarat kelulusan studi D3 Teknik Mesin Produksi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
 - b. Sebagai ajang pengembangan dan penerapan aplikasi keilmuan yang telah didapat di bangku kuliah.
 - c. Sebagai ajang uji coba kemampuan dan keterampilan.

2. Tujuan Teknis

Tujuan proyek akhir ini adalah merencanakan dan membuat Alat Praktikum Perawatan Pompa Sumur Dalam (*deep well pump*). Diharapkan dapat diperoleh konstruksi alat yang bisa digunakan dalam praktikum perawatan dasar.

1.5 Manfaat Proyek Akhir

Proyek akhir ini mempunyai manfaat sebagai berikut :

- a. Mahasiswa dapat memperoleh pengetahuan dan pengalaman baru dalam merancang dan membuat Alat Praktikum Perawatan Pompa Sumur Dalam (*deep well pump*).
- b. Dapat mengembangkan dan menerapkan pikiran yang kreatif dan inovatif.
- c. Mahasiswa dapat menerapkan ilmu yang sudah diperoleh selama masa perkuliahan dan melatih ketrampilan yang dimiliki.
- d. Mengetahui konsep dasar pembuatan Alat Praktikum Perawatan Pompa Sumur Dalam (*deep well pump*).

1.6 Metodologi

Dalam menyelesaikan permasalahan yang timbul dari pembuatan Alat Praktikum Perawatan Pompa Sumur Dalam (*deep well pump*), metode yang digunakan adalah :

- a. Metode *interview*, melakukan konsultasi dan wawancara langsung dengan dosen pembimbing proyek akhir, teknisi serta orang-orang yang mengetahui tentang alat yang akan dibuat.
- b. Metode *observasi*, melakukan *observasi* langsung di lapangan, mengenai hal-hal yang berkaitan dengan alat yang akan dibuat.
- c. Metode *literatur* atau kajian pustaka, dilakukan dengan cara mencari buku-buku referensi yang dapat menunjang dalam pembuatan Alat Praktikum Perawatan Pompa Sumur Dalam (*deep well pump*), baik melalui buku perpustakaan ataupun internet.

d. Metode Perancangan

Merancang alat dengan memperhitungkan peralatan dan bahan yang digunakan.

e. Metode Produksi

Menentukan hasil yang dicapai dalam produksi baik meliputi kualitas dan kapasitas yang dihasilkan selama kegiatan produksi.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan kerja praktek ini, penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut :

Bab I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, manfaat proyek akhir, metode pengumpulan data, serta sistematika penulisan Laporan Akhir.

Bab II LANDASAN TEORI

Pada Bab ini berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan yang berhubungan dengan proses pengerjaan Tugas Akhir.

Bab III ANALISA PERHITUNGAN

Pada Bab ini berisi tentang perancangan alat yang akan dibuat yang meliputi analisa perhitungan kekuatan-kekuatan rangka dan efisiensi alat. Hal itu dilakukan untuk memastikan bahwa desain alat yang dibuat aman digunakan.

Bab IV Pengerjaan Alat dan Analisa Biaya

Pada Bab ini berisi tentang langkah-langkah pengerjaan alat dari pemilihan komponen-komponen dan estimasi biaya yang dibutuhkan untuk membuat alat tersebut.

Bab V Penutup

Pada Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang dapat ditarik dari keseluruhan laporan.

Daftar Pustaka**Lampiran**

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pompa

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek.

2.1.1. Karakteristik sistem pemompaan

Ada beberapa karakteristik dari sistem pemompaan antara lain :

A. Tahanan sistem (*head*)

Tekanan diperlukan untuk memompa cairan melewati sistem pada laju tertentu. Tekanan ini harus cukup tinggi untuk mengatasi tahanan sistem, yang juga disebut “*head*”. *Head* total merupakan jumlah dari *head* statik dan *head* gesekan/friksi.

1. *Head* statik

Head statik merupakan perbedaan tinggi antara sumber dan tujuan dari cairan yang dipompakan. *Head* statik merupakan aliran yang *independen*. *Head* statik pada tekanan tertentu tergantung pada berat cairan *Head* statik terdiri dari:

- *Head* hisapan statis (h_s) : dihasilkan dari pengangkatan cairan relatif terhadap garis pusat pompa. h_s nilainya positif jika ketinggian cairan di atas garis pusat pompa, dan negatif jika ketinggian cairan berada di bawah garis pusat pompa (juga disebut “pengangkat hisapan”)
- *Head* pembuangan statis (h_d) : jarak vertikal antara garis pusat pompa dan permukaan cairan dalam tangki tujuan.

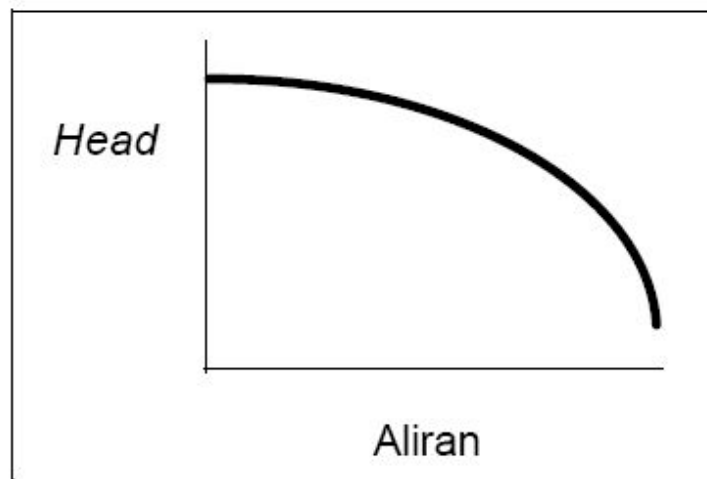
2. *Head* gesekan/friksi (h_f)

Ini merupakan kehilangan yang diperlukan untuk mengatasi tahanan untuk mengalir dalam pipa dan sambungan-sambungan. *Head* ini tergantung

pada ukuran, kondisi dan jenis pipa, jumlah dan jenis sambungan, debit aliran, dan sifat dari cairan. *Head* gesekan/friksi sebanding dengan kuadrat debit aliran. *Loop* tertutup sistem sirkulasi hanya menampilkan *head* gesekan/friksi (bukan *head* statik). Dalam hampir kebanyakan kasus, *head* total sistem merupakan gabungan antara *head* statik dan *head* gesekan.

B. Kurva kinerja pompa

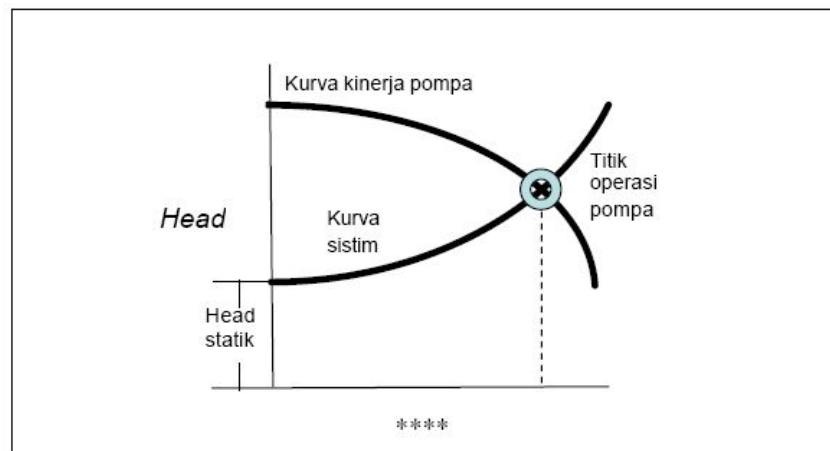
Head dan debit aliran menentukan kinerja sebuah pompa yang secara grafis ditunjukkan dalam Gambar 2.1 sebagai kurva kinerja atau kurva karakteristik pompa. Gambar memperlihatkan kurva pompa sentrifugal dimana *head* secara perlahan turun dengan meningkatnya aliran. Dengan meningkatnya tahanan sistem, *head* juga akan naik. Hal ini pada gilirannya akan menyebabkan debit aliran berkurang dan akhirnya mencapai nol. Debit aliran nol hanya dapat diterima untuk jangka pendek tanpa menyebabkan pompa terbakar.



Gambar 2.1. Kurva kinerja sebuah pompa

C. Titik operasi pompa

Debit aliran pada *head* tertentu disebut titik tugas. Kurva kinerja pompa terbuat dari banyak titik-titik tugas. Titik operasi pompa ditentukan oleh perpotongan kurva sistem dengan kurva.



Gambar 2.2. Titik operasi pompa

D. Kinerja hisapan pompa (NPSH)

Kavitasi atau penguapan adalah pembentukan gelembung di bagian dalam pompa. Hal ini dapat terjadi jika tekanan statik fluida setempat menjadi lebih rendah dari tekanan uap cairan (pada suhu sebenarnya). Kemungkinan penyebabnya adalah jika fluida semakin cepat dalam kran pengendali atau disekitar impeller pompa. Penguapan itu sendiri tidak menyebabkan kerusakan. Walau demikian, bila kecepatan berkurang dan tekanan bertambah, uap akan menguap dan jatuh. Hal ini memiliki tiga pengaruh yang tidak dikehendaki:

- Erosi permukaan baling-baling, terutama jika memompa cairan berbasis air.
 - Meningkatnya kebisingan dan getaran, mengakibatkan umur sil dan *bearing* menjadi lebih pendek.
 - Menyumbat sebagian lintasan impeller, yang menurunkan kinerja pompa dan dalam kasus yang ekstrim dapat menyebabkan kehilangan *head* total.
- Head* Hisapan Positif Netto Tersedia / *Net Positive Suction Head Available* (NPSHA) menandakan jumlah hisapan pompa yang melebihi tekanan uap cairan, dan merupakan karakteristik rancangan sistem. NPSH yang diperlukan (NPSHR) adalah hisapan pompa yang diperlukan untuk menghindari kavitasi, dan merupakan karakteristik rancangan pompa.

2.1.2. Klasifikasi pompa

Pompa memiliki berbagai macam jenis. Pompa dapat diklasifikasikan dalam 2 kategori, yaitu :

A. Pompa perpindahan positif (*positive displacement pump*)

Pada pompa perpindahan positif, energi ditambahkan ke fluida kerja secara periodik oleh suatu gaya yang dikenakan pada satu atau lebih batas sistem yang dapat bergerak. Pompa perpindahan positif terbagi menjadi :

- Pompa torak (*Reciprocating pump*)
- Pompa putar (*Rotary pump*)
- Pompa diafragma (*Diaphragm pump*)

B. Pompa dinamik (*dynamic pump*)

Pompa dinamik terdiri dari satu impeller atau lebih yang dilengkapi dengan sudu-sudu, yang dipasangkan pada poros-poros yang berputar dan menerima energi dari motor penggerak pompa serta diselubungi dengan sebuah rumah (*casing*). Fluida berenergi memasuki impeller secara aksial, kemudian fluida meninggalkan impeller pada kecepatan yang relatif tinggi dan dikumpulkan didalam *volute* atau suatu seri laluan *diffuser*, setelah fluida dikumpulkan di dalam *volute* atau *diffuser* terjadi perubahan dari *head* kecepatan menjadi *head* tekanan, yang diikuti dengan penurunan kecepatan. Sesudah proses konversi ini selesai kemudian fluida keluar dari pompa melalui katup *discharge*. Pompa dinamik dapat dibagi dalam beberapa jenis :

1. Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pump*)

Berdasarkan arah aliran di dalam impeller pompa sentrifugal dibagi menjadi :

- a. Aliran radial (*Radial flow*)
- b. Aliran aksial (*Axial flow*)
- c. Aliran campur (*Mixed flow*)

2. Pompa Efek Khusus (*Special Effect Pump*)

- a. Pompa Jet (*Jet Pump*)
- b. Pompa Gas lift (*Gas Lift Pump*)
- c. Hidrolik ram

Pompa sumur dalam merupakan jenis pompa setrifugal bertingkat (*multi-stage*). Instalasi pompa sumur dalam pada umumnya terdiri dari motor, protektor, intake, pompa, kabel, pipa, semua komponen ini berada di dalam sumur. Semua itu merupakan suatu rangkaian yang harus ada supaya pompa sumur dalam bisa digunakan. Jika diperlukan putaran motor yang berubah-ubah maka menggunakan VSD (*variable speed drive*).

Pompa sumur dalam menggunakan daya listrik untuk menggerakkan motor. Motor mempunyai satu poros yang tegak lurus dengan impeller. Karena kedudukan impeller satu poros dengan motor, maka bila motor bekerja impeller akan berputar dan air yang berada pada bak isapan terangkat oleh sudu yang terdapat pada impeller tersebut. Pada sudu impeller ini terdapat cekungan, dimana cekungan ini makin ke ujung sudu-sudunya makin kecil. Pada waktu impeller berputar air dihisap impeller itu akan masuk ke dalam cekukan sudu tersebut dan selanjutnya dilemparkan keluar impeller yaitu ke ruangan pompa dengan gaya sentrifugal, maka air yang dihisap itu tidak bocor lagi ke ruangan saringan (*strainer*) karena jarak antara impeller *lower diffuser* hanya sedikit sekali kira-kira 0,5 mm.

Untuk menahan air yang telah terhisap (terangkat) oleh impeller itu supaya tidak bocor kembali ke bak isapan, air itu ditahan oleh *lower diffuser* yang berada dibagian bawah pompa. Air yang dihisap akan beredar terlebih dulu di *Housing Motor* untuk mendinginkan motor sebelum mengalir ke saluran buang (pipa buang). Pendinginan ini bertujuan agar motor tidak mudah terbakar dan lebih memperpanjang umur pakai motor. Untuk mematikan pompa kita memutuskan hubungan arus listrik yang masuk ke terminal *board*. Kalau arus listrik terputus maka motor akan berhenti dengan sendirinya dan impeller akan berhenti menghisap air.

2.2 Poros

Poros merupakan bagian yang berputar, dimana terpasang elemen pemindah gaya, seperti roda gigi, bantalan dan lain-lain. Poros bisa menerima beban-beban tarikan, lenturan, tekan atau puntiran yang bekerja sendiri-sendiri maupun

gabungan satu dengan yang lainnya. Kata poros mencakup beberapa variasi seperti *shaft* atau *axle* (as). *Shaft* merupakan poros yang berputar dimana akan menerima beban puntir, lenturan atau puntiran yang bekerja sendiri maupun secara gabungan. Sedangkan *axle* (as) merupakan poros yang diam atau berputar yang tidak menerima beban puntir (Khurmi, R.S., 2002). Jenis poros yang lain (Sularso, 1987) adalah jenis poros transmisi. Poros ini akan mentransmisikan daya meliputi kopling, roda gigi, puli, sabuk, atau sproket rantai dan lain-lain. Poros jenis ini memperoleh beban puntir murni atau puntir dan lentur.

Untuk merencanakan suatu poros maka perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut (Sularso, 1987):

1. Kekuatan Poros.

Suatu poros transmisi dapat mengalami beban puntir atau gabungan antara puntir dan lentur, juga ada poros yang mendapatkan beban tarik atau tekan. Oleh karena itu, suatu poros harus direncanakan hingga cukup kuat untuk menahan beban-beban di atas.

2. Kekakuan Poros.

Meskipun suatu poros mempunyai kekuatan cukup tetapi jika lenturan puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktelitian atau getaran dan suara, karena itu disamping kekuatan poros, kekakuannya juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan macam mesin yang akan dilayani poros tersebut.

3. Korosi.

Baja tahan korosi dipilih untuk poros. Bila terjadi kontak fluida yang korosif maka perlu diadakan perlindungan terhadap poros supaya tidak terjadi korosi yang dapat menyebabkan kekuatan poros menjadi berkurang.

4. Bahan Poros.

Poros untuk mesin biasanya dibuat dari baja batang yang ditarik dingin dan *finishing*, proses pembuatan baja itu dengan cara mengoksidasi dengan *ferrosilikon* dan dicor, kadar karbon terjamin). Meskipun demikian, bahan ini kelurusannya agak kurang tetap dan dapat mengalami *deformasi* karena tegangan yang kurang seimbang. Poros-poros untuk meneruskan putaran

tinggi dan beban berat umumnya dibuat dari baja paduan dengan pengerasan kulit yang tahan terhadap keausan.

Pertimbangan-pertimbangan yang digunakan untuk poros menggunakan persamaan sebagai berikut (Khurmi, R.S., 2002):

1. Torsi

$$T = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot N}$$

Keterangan :

T = Torsi maksimum yang terjadi (Kg.m)

P = Daya motor (W)

N = Kecepatan putaran poros (rpm)

2. Torsi ekivalen

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$$

Diameter poros :

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_e}{\pi \cdot \tau_s}}$$

Keterangan :

T_e = Torsi ekivalen (Kg.m)

T = Torsi maksimum yang terjadi (Kg.m)

M = Momen maksimum yang terjadi (Kg.m)

τ_s = Tegangan geser maksimum yang terjadi (Kg/cm²)

d = Diameter poros (cm)

3. Momen ekivalen

$$M_e = \frac{1}{2} \left[M + \sqrt{M^2 + T^2} \right]$$

Diameter poros :

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_e}{\pi \cdot \sigma_b}}$$

Keterangan :

M_e = Momen ekivalen (kg.m)

σ_b = Tegangan tarik maksimum yang terjadi (kg/cm^2)

2.3 Impeller

Impeller merupakan cakram bulat dari logam dengan lintasan untuk aliran fluida yang sudah terpasang. Impeller biasanya terbuat dari perunggu, polikarbonat, besi tuang atau *stainless steel*, namun bahan-bahan lain juga digunakan. Sebagaimana kinerja pompa tergantung pada jenis impellernya, maka penting untuk memilih rancangan yang cocok dan mendapatkan impeller dalam kondisi yang baik. Jumlah impeller menentukan jumlah tahapan pompa. Pompa satu tahap memiliki satu impeller dan sangat cocok untuk layanan *head* rendah. Pompa dua tahap memiliki dua impeller yang terpasang secara seri untuk layanan *head* sedang. Pompa multi-tahap memiliki tiga impeller atau lebih terpasang seri untuk layanan *head* yang tinggi. Impeller dapat digolongkan atas dasar :

1. Arah utama aliran dari sumbu putaran: aliran radial, aliran aksial, aliran campuran.
2. Jenis hisapan : hisapan tunggal dan hisapan ganda.
3. Bentuk atau konstruksi mekanis.

Macam-macam jenis impeller adalah sebagai berikut :

1. Impeller tertutup

Adalah impeller yang memiliki baling-baling yang ditutupi oleh mantel (penutup) pada kedua sisinya. Biasanya digunakan untuk pompa air, dimana baling-baling seluruhnya mengurung air. Hal ini mencegah perpindahan air dari sisi pengiriman ke sisi penghisapan, yang akan mengurangi efisiensi pompa. Dalam rangka untuk memisahkan ruang pembuangan dari ruang penghisapan, diperlukan sebuah sambungan yang bergerak diantara impeller dan wadah pompa. Penyambungan ini dilakukan oleh cincin yang dipasang di atas bagian penutup impeller atau di bagian dalam permukaan silinder wadah pompa. Kerugian dari impeller tertutup ini adalah resiko yang tinggi terhadap rintangan.

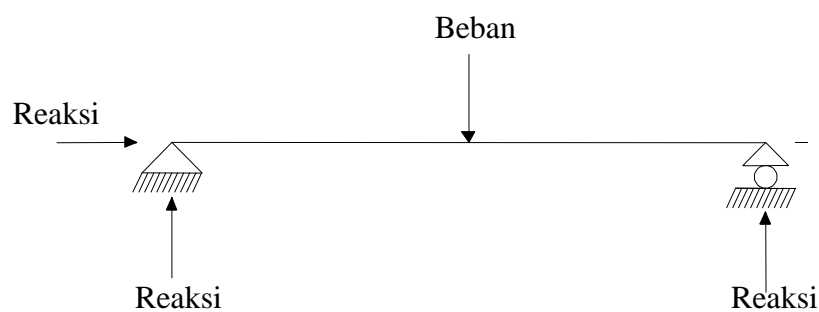
2. Impeller terbuka dan semi terbuka.

Jenis ini memudahkan dalam pemeriksaan impeller, kemungkinan tersumbatnya kecil. Akan tetapi untuk menghindari terjadinya penyumbatan melalui *resirkulasi internal*, *volute* atau *back-plate* pompa harus diatur secara manual untuk mendapatkan setelan impeller yang benar.

3. Impeller pompa berpusar/*vortex* cocok untuk bahan-bahan padat dan “berserabut” akan tetapi pompa ini 50% kurang efisien dari rancangan yang konvensional.

2.4 Statika

Statika adalah ilmu yang mempelajari tentang statika dari suatu beban terhadap gaya-gaya dan juga beban yang mungkin ada pada bahan tersebut. Dalam ilmu statika keberadaan gaya-gaya yang mempengaruhi sistem menjadi suatu obyek tinjauan utama dan meliputi gaya luar dan gaya dalam. Gaya luar adalah gaya yang diakibatkan oleh beban yang berasal dari luar sistem yang pada umumnya menciptakan kestabilan konstruksi.

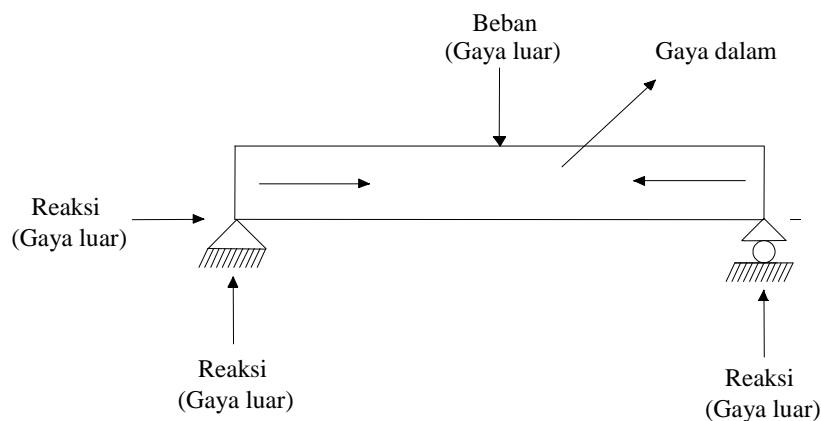


Gambar 2.3. Sketsa prinsip statika kesetimbangan

Jenis bebannya dibagi menjadi:

1. Beban dinamis adalah beban sementara dan dapat dipindahkan pada konstruksi.
2. Beban statis adalah beban yang tetap dan tidak dapat dipindahkan pada konstruksi.

3. Beban terpusat adalah beban yang bekerja pada suatu titik.
4. Beban terbagi adalah beban yang terbagi merata sama pada setiap satuan luas.
5. Beban terbagi variasi adalah beban yang tidak sama besarnya tiap satuan luas.
6. Beban momen adalah hasil gaya dengan jarak antara gaya dengan titik yang ditinjau.
7. Beban torsi adalah beban akibat puntiran.



Gambar 2.4. Sketsa gaya dalam

Gaya dalam dapat dibedakan menjadi :

1. Gaya normal (*normal force*) adalah gaya yang bekerja sejajar sumbu batang.
2. Gaya lintang/geser (*shearing force*) adalah gaya yang bekerja tegak lurus sumbu batang.
3. Momen lentur (*bending momen*) adalah gaya dalam yang mendukung lentur sumbu batang.

Persamaan kesetimbangannya adalah (Popov, E.P., 1996):

- $\Sigma F = 0$ atau $\Sigma F_x = 0$
 $\Sigma F_y = 0$ (tidak ada gaya resultan yang bekerja pada suatu benda)
- $\Sigma M = 0$ atau $\Sigma M_x = 0$
 $\Sigma M_y = 0$ (tidak ada resultan momen yang bekerja pada suatu benda)

4. Reaksi.

Reaksi adalah gaya lawan yang timbul akibat adanya beban. Reaksi sendiri terdiri dari :

- Momen.

$$M = F \times s$$

di mana : M = momen (N.mm)
 F = gaya (N)
 s = jarak (mm)

- Torsi.
- Gaya.

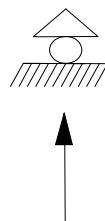
Diagram gaya dalam adalah diagram yang menggambarkan besarnya gaya dalam yang terjadi pada suatu konstruksi. Sedang macam-macam diagram gaya dalam itu sendiri adalah sebagai berikut :

1. Diagram gaya normal (NFD), diagram yang menggambarkan besarnya gaya normal yang terjadi pada suatu konstruksi.
2. Diagram gaya geser (SFD), diagram yang menggambarkan besarnya gaya geser yang terjadi pada suatu konstruksi.
3. Diagram moment (BMD), diagram yang menggambarkan besarnya momen lentur yang terjadi pada suatu konstruksi.

Sedangkan dalam ilmu statika, tumpuan terdiri dari berbagai macam jenis, antara lain sebagai berikut :

1. Tumpuan roll/penghubung.

Tumpuan ini dapat menahan gaya pada arah tegak lurus penumpu, biasanya penumpu ini disimbolkan dengan :



Reaksi

Gambar 2.5. Sketsa reaksi tumpuan rol

2. Tumpuan sendi.

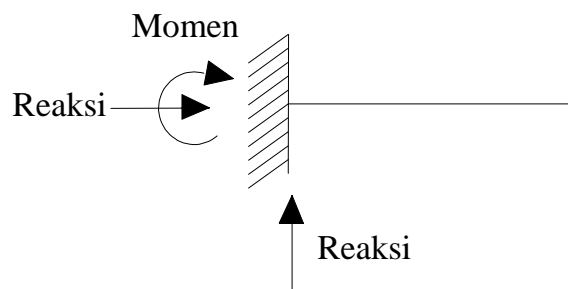
Tumpuan ini dapat menahan gaya dalam segala arah.



Gambar 2.6. Sketsa reaksi tumpuan sendi

3. Tumpuan jepit.

Tumpuan ini dapat menahan gaya dalam segala arah dan dapat menahan momen.



Gambar 2.7. Sketsa reaksi tumpuan jepit

2.5 Pengelasan

Dalam proses pengelasan rangka, jenis las yang digunakan adalah las listrik DC dengan pertimbangan akan mendapatkan sambungan las yang kuat. Pada dasarnya instalasi pengelasan busur logam terdiri dari bagian-bagian penting sebagai berikut :

- Sumber daya, berupa arus bolak-balik (A.C) atau arus searah (D.C).
- Kabel timbel las dan pemegang elektroda.
- Kabel balik las (bukan timbel hubungan ke *ground*) dan penjepit.
- Hubungan ke *ground*.

Fungsi lapisan elektroda dapat diringkaskan sebagai berikut :

- Menyediakan suatu perisai yang melindungi gas sekeliling busur api dan logam cair.
- Membuat busur api stabil dan mudah dikontrol.

3. Mengisi kembali setiap kekurangan yang disebabkan oksidasi elemen-elemen tertentu dari genangan las selama pengelasan dan menjamin las mempunyai sifat-sifat mekanis yang memuaskan.
4. Menyediakan suatu terak pelindung yang juga menurunkan kecepatan pendinginan logam las dan dengan demikian menurunkan kerapuhan akibat pendinginan.
5. Membantu mengontrol (bersama-sama dengan arus las) ukuran dan frekuensi tetesan logam cair.
6. Memungkinkan dipergunakannya posisi yang berbeda.

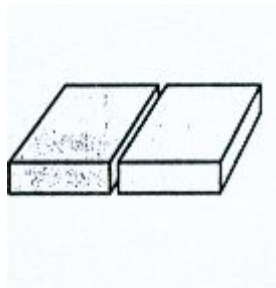
Dalam las listrik panas yang akan digunakan untuk mencairkan logam diperoleh dari busur listrik yang timbul antara benda kerja yang dilas dan kawat logam yang disebut elektroda. Elektroda ini terpasang pada pegangan atau *holder* las dan didekatkan pada benda kerja hingga busur listrik terjadi. Karena busur listrik itu, maka timbul panas dengan temperatur maksimal 3450°C yang dapat mencairkan logam. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengelasan adalah :

1. Sambungan las

Ada beberapa jenis sambungan las, yaitu :

- a. *Butt joint*

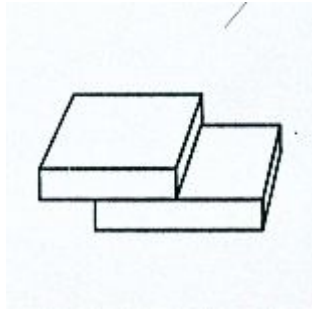
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas berada pada bidang yang sama.



Gambar 2.8. Sambungan las tipe *butt joint*

- b. *Lap joint*

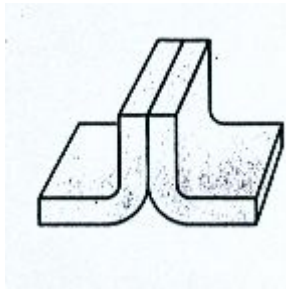
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas berada pada bidang yang paralel.



Gambar 2.9. Sambungan las tipe *lap joint*

c. *Edge joint*

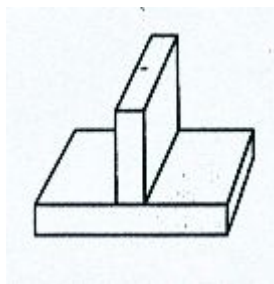
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas berada pada bidang paralel, tetapi sambungan las dilakukan pada ujungnya.



Gambar 2.10. Sambungan las tipe *edge joint*

d. *T-joint*

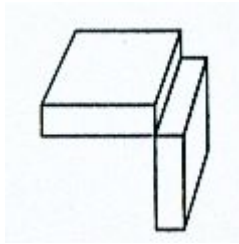
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas tegak lurus satu sama lain.



Gambar 2.11. Sambungan las tipe *T-joint*

e. *Corner joint*

Yaitu kedua benda kerja yang dilas tegak lurus satu sama lain.



Gambar 2.12. Sambungan las tipe *corner joint*

2. Memilih besarnya arus

Besarnya arus listrik untuk pengelasan tergantung pada diameter elektroda dan jenis elektroda. Tipe atau jenis elektroda tersebut misalnya: E 6010, huruf E tersebut singkatan dari elektroda, 60 menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam 6^3 lb/m^2 , 1 menyatakan posisi pengelasan segala posisi untuk pengelasan datar dan horisontal. Angka keempat adalah menyatakan jenis selaput elektroda dan jenis arus yang sesuai.

Besar arus listrik harus sesuai dengan elektroda, bila arus listrik terlalu kecil, maka :

- pengelasan sulit dilaksanakan.
- busur listrik tidak stabil.
- panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan benda kerja.
- hasil pengelasan atau rigi-rigi las tidak rata dan penetrasi kurang dalam.

Apabila arus terlalu besar maka:

- elektroda mencair terlalu cepat.
- pengelasan atau rigi las menjadi lebih besar permukaannya dan penetrasi terlalu dalam.

2.6 Bor

Pengeboran adalah salah satu hal yang penting dan sering digunakan dalam operasi permesinan. Mesin bor dapat juga digunakan untuk bermacam-macam operasi seperti *reaming* (pelebaran), *counter boring*, *boring*, pemotongan ulir, dan beberapa pekerjaan yang bulat. Mesin bor dapat digolongkan sebagai berikut :

- Mesin bor tangan (mekanik dan elektrik).
- Mesin bor bangku atau dengan kaki.
- Mesin bor tiang atau mesin bor tegak (tunggal atau banyak poros).
- Mesin bor radial.
- Mesin-mesin “*jig bor*”.

Penggunaan mesin bor tergantung pemakaian tertentu, lebarnya lubang, dan ukuran benda kerja.

1. Mesin bor tangan

Penggunaan dari mesin bor tangan terutama dalam benda kerja yang dipasang, dan benda kerja yang terpasang (*fitting*). Ada mesin bor tangan dengan pemutaran oleh tangan, tapi sekarang mesin bor tangan semuanya diputar dengan listrik. Mesin-mesin ini sering juga bekerja sebagai mesin serbaguna yang kecil seperti : pisau gergaji putar, gerinda dan *polishing disk* (cakram poles), dan lain-lain.

2. Mesin bor bangku

Mesin bor bangku digunakan untuk mengebor dari lubang-lubang dengan diameter kecil sampai diameter kira-kira 16 mm. Biasanya mesin-mesin ini tempatnya di atas benda kerja atau suatu alas dari lembar besi (*sheet metal*). Kepala mesin dapat digerakkan ke atas dan ke bawah sepanjang tiang yang terpasang di meja kerja (alas).

3. Mesin bor jenis “*column*” dan “*pillar*”

Mesin bor jenis *column*, terdiri dari sebuah batang tegak, padanya dipasang kepala mesin bor dan meja kerja. Meja mesin dapat digerakkan ke atas dan ke bawah begitu juga ke samping.

Mesin bor tipe *pillar* meja hanya dapat di naik turunkan, tetapi mesin ini sering digunakan sebagai gabungan meja lain. Kedua tipe mesin ini biasanya dilengkapi dengan pemakanan otomatis, selain dengan tuas pemutar dengan tangan.

4. Mesin bor radial (*Radial drilling machine*)

Mesin bor radial cocok untuk benda kerja yang lebar. Poros utama dari bor dipasang di “*saddle*”(pelana) yang dapat dipindahkan dalam arah radial

(jari-jari radius). Lengan dapat diputar dan di naik turunkan pada batang tegak, karena itu dapat membantu poros untuk mencapai titik (tempat) pada alas mesin dan mengurangi (menghilangkan) setiap gerakan dari benda kerja. Poros dapat digerakkan melalui tuas penggerak dengan tangan atau dengan otomatis pemakanan secara mekanik.

5. *The Jig Boring Machine*

Mesin ini dibuat untuk membesarkan lubang-lubang dengan jarak pusat ke pusat yang tepat pada diameter yang sangat teliti. Meja direncana sebagai meja kombinasi dan dapat digerakkan pada arah memanjang dan melintang. Dengan pembagian ukuran secara optik sistem dapat diatur dengan toleransi sampai 0,001 mm. Mesin ini dapat dikategorikan mesin dengan ketelitian tinggi dan seharusnya dipasang diruang yang didinginkan dengan temperatur 20⁰C.

2.7 Gergaji

Gergaji digunakan untuk memotong dan mengurangi tebal dari benda kerja yang nantinya akan dikerjakan lagi.

1. Bagian-bagian dari gergaji

a. Bingkai

Biasanya dibuat dari pipa baja yang kuat dan kaku untuk supaya hasilnya lurus dan kuat. Bingkai yang dapat diatur dibuat dari pipa *oval* dari baja. Bingkai ini dapat dipakai untuk bermacam-macam panjang dari daun gergaji.

b. Tangkai

Harus ada yang baik pegangannya, biasanya dibuat dari logam yang lunak.

c. Pasak

Daun gergaji dipasang pada pasak yang terdapat pada bingkainya.

d. Mur kupu-kupu

Digunakan untuk mengencangkan daun gergaji.

2. Bentuk dari daun gergaji

Daun gergaji termasuk juga alat potong, bermacam-macam faktor yang harus diketahui untuk memilih daun gergaji. Mungkin dari karbon atau HSS dengan hanya mata gigi saja yang dikeraskan atau seluruh daun gergajinya. Daun gergaji untuk bahan yang keras mempunyai sudut buang 0° , untuk bahan yang lunak mungkin 5° - 20° . Bagian dalamnya dilengkapi dengan radius untuk melingkarinya.

3. Ukuran daun gergaji

Ukuran yang penting dari daun gergaji

A = Jarak antara kedua lubang yang dipegang oleh pasak.

B = Lebar daun gergaji.

C = Tebal daun gergaji.

Daun gergaji yang dipakai untuk menggergaji dengan tangan dengan ukuran :

A = 300 mm B = 13 mm C = 0,65 mm

A = 12" B = $\frac{1}{2}$ " C = 0,025"

4. Persiapan dari menggergaji

Daun gergaji harus ditegangkan di bingkainya dengan gigi-gigi gergaji mengarah ke arah pemotongan. Dan harus kuat menahan tekanan akibat pengerjaan, jika tidak pemotongan akan menyimpang.

5. Posisi tubuh dan gerakan menggergaji

Pegang bingkai gergaji dan dipegang dengan kuat/mantap. Dalam menggergaji posisi tubuh sama seperti mengikir. Gerakan gergaji harus mantap dan kuat, naikan sedikit pada waktu gergaji bergerak ke belakang.

Kecepatan gerak :

– 50 – 60 *stroke* tiap menit untuk baja.

– 70 – 90 *stroke* tiap menit untuk bahan yang lunak.

6. Permulaan pemotongan

Sebelum mulai pemotongan, buat alur dengan kikir segitiga pada garis yang akan digergaji. Letakkan gergaji di alur tersebut dan dimiringkan ke muka

kira-kira 10^0 . Tekanan yang tidak cukup pada permulaan pemotongan akan menyebabkan gigi-gigi gergaji menggosok benda kerja dan tumpul.

7. Cara menggergaji

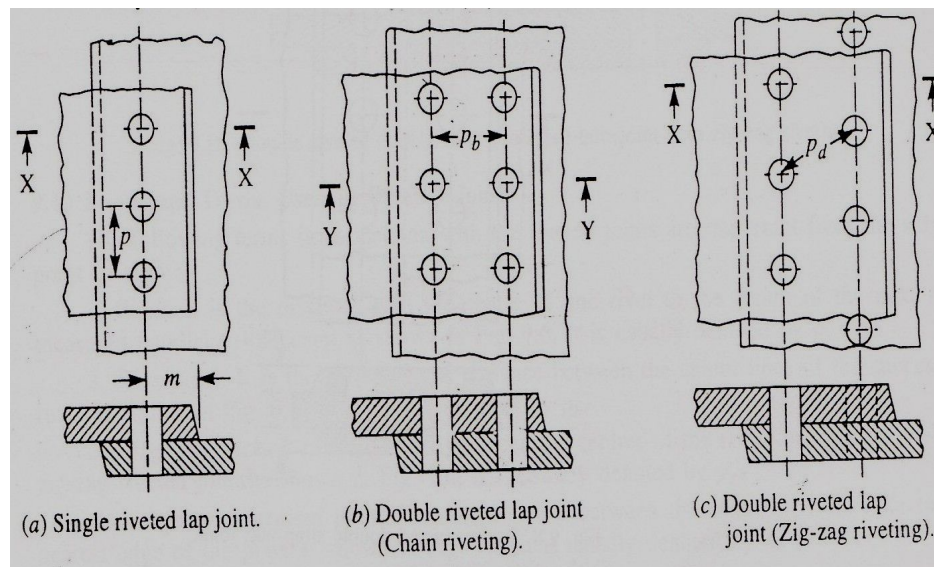
- Paling sedikit 2 atau 3 gigi yang mengenai/menempel pada permukaan yang digergaji.
- Menggergaji sisi yang tajam akan menyebabkan patahnya gigi-gigi gergaji.
- Benda kerja yang tipis harus dipotong dengan posisi mendatar, tidak dimiringkan.

2.8 Sambungan Keling

a. Tipe sambungan keling

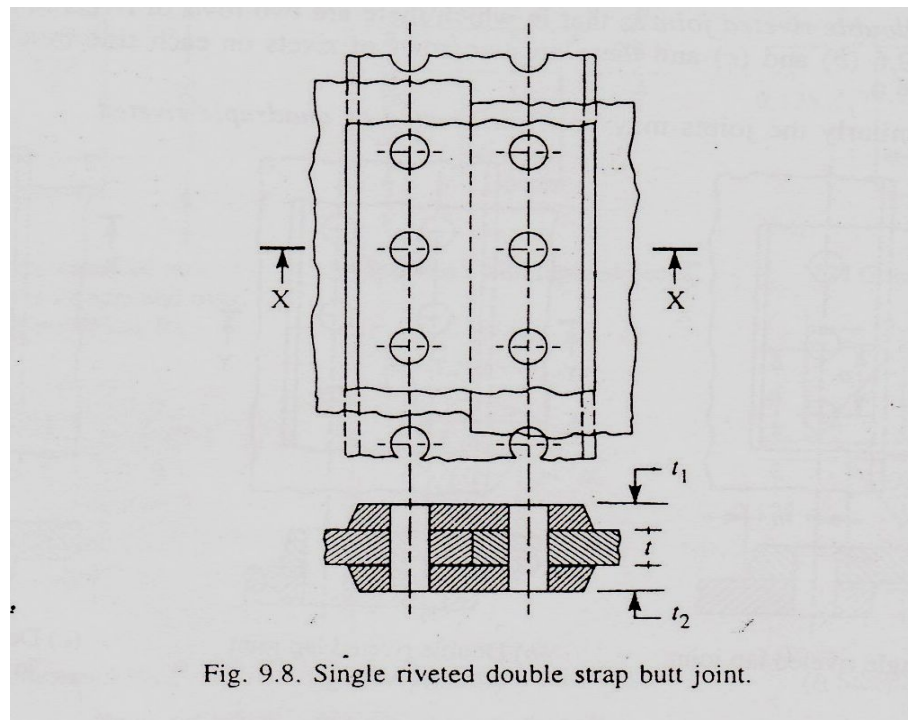
Menurut cara peletakan plat

- *Lap joint* adalah sambungan dimana satu plat menumpang plat yang lain dan kemudian di keling.



Gambar 2.13. Sambungan keling tipe *lap joint*

- *Butt joint* adalah dimana plat utama (yang akan disambung) tetap segaris dan saling bersentuhan satu sama lain dan plat penutup ditempatkan pada satu sisi/ kedua sisi plat utama.



Gambar 2.14. Sambungan keling tipe *butt joint*

Menurut jumlah baris *rivet*

- Sambungan *rivet* tunggal
- Sambungan *rivet* ganda

b. Ada beberapa istilah dalam sambungan keling (*rivet*)

➤ *Pitch*

Jarak dari pusat sumbu satu *rivet* ke pusat sumbu *rivet* di sebelahnya dalam satu baris (p).

➤ *Diagonal pitch*

Jarak antara titik pusat satu *rivet* ke pusat *rivet* pada baris di sebelahnya pada sambungan zig-zag (P_d).

➤ *Back pitch*

Jarak saling tegak lurus antara dua garis sumbu *rivet* di dua baris yang bersebelahan (P_b).

➤ *Margin*

Jarak antara pusat lubang *rivet* ke tepi terdekat plat (m).

c. Kerusakan pada sambungan keling (*rivet*)

➤ Plat sobek pada satu tepi

Kerusakan bisa dihindari dengan menjaga ukuran

$$m = 1,5 d$$

d = diameter keling (*rivet*)

➤ Plat sobek melintasi sebaris keling (*rivet*)

Ketahanan plat terhadap sobekan disebut kekuatan sobek/ketahanan sobek/ nilai sobek dari pahat.

1. Luasan sobekan per panjang *pitch* :

$$A_t = (p - d) t$$

2. Ketahanan sobek atau gaya tarik yang diperlukan untuk menyobek plat per panjang *pitch*

$$F_t = \sigma_t \cdot A_t = \sigma_t (p - d) t$$

Dimana :

p = *pitch* keling (*rivet*) mm

d = diameter keling (*rivet*) mm

σ_t = tegangan tarik ijin bahan keling (*rivet*) N/mm²

➤ Geseran plat

Plat yang disambung membebani keling dengan tegangan tarik, jika keling tidak mampu menahan maka keling akan rusak tergeser.

1. Luasan geseran :

$$A_s = \pi/4 \cdot d^2 \quad (\text{geseran tunggal})$$

$$A_s = 2 \cdot \pi/4 \cdot d^2 \quad (\text{geseran ganda})$$

2. Ketahanan geser atau gaya yang diperlukan untuk menggeser keling per panjang *pitch* :

$$F_s = \pi/4 \cdot d^2 \cdot \tau_s \cdot n \quad (\text{geseran tunggal})$$

$$F_s = 2 \cdot \pi/4 \cdot d^2 \cdot \tau_s \cdot n \quad (\text{geseran ganda})$$

Dimana :

d = diameter keling (*rivet*) mm

τ_s = tegangan geser ijin bahan keling N/mm²

n = jumlah keling per panjang *pitch*

➤ Desakan pada keling

Kadang-kadang keling tidak sampai tergeser saat menerima tegangan tarik, tapi hanya mengalami desakan.

1. luasan daerah tiap *rivet* yang menerima desakan :

$$A_c = d \cdot t$$

2. luas total yang menerima desakan :

$$A_c = n \cdot d \cdot t$$

3. ketahanan desak atau gaya tarik yang dibutuhkan agar keling terdesak per panjang *pitch* :

$$F_c = n \cdot d \cdot t \cdot \sigma_t$$

Dimana

t = tebal plat (mm)

d. Kekuatan sambungan keling

Adalah gaya maksimum yang biasa menerima sambungan tanpa menimbulkan kerusakan, diperoleh dari membandingkan nilai F_t , F_s , F_c nilai terkecil dari ketiga gaya tersebut adalah kekuatan maksimum sambungan keling.

2.9 Alat Ukur

2.9.1. *Pressure gauge*

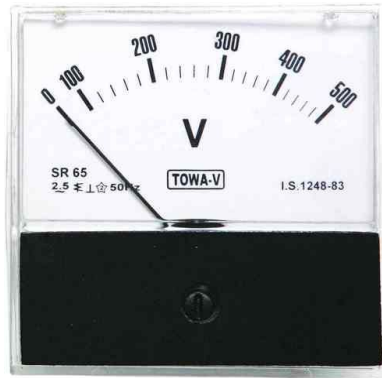
Prinsip kerja alat ini diawali dengan cairan yang masuk ke pengatur tekanan lewat lubang saluran. Tekanan di dalam pipa yang melengkung *bourdon* (menyebabkan pipa memanjang). Tekanan lebih besar akan mengakibatkan belokan radius lebih besar pula. Gerakan perpanjangan pipa tersebut kemudian diubah ke suatu jarum penunjuk lewat tuas penghubung tembereng roda gigi dan roda gigi pinion . Tekanan pada saluran masuk dapat dibaca pada garis lengkung skala penunjuk . Jadi, prinsip pembacaan pengukuran tekanan manometer ini adalah bekerja berdasarkan atas dasar prinsip analog.



Gambar 2.15. *Pressure gauge*

2.9.2. *Voltmeter*

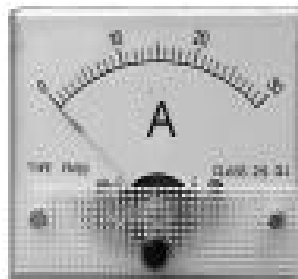
Voltmeter merupakan suatu alat ukur yang akan menunjukkan beda potensial pada suatu rangkaian. *Voltmeter* ini selalu dipasang paralel pada potensial yang berbeda. *Voltmeter elektrostatis* dibuat dalam bentuk kapasitor variabel dengan sepasang pelat logam stasioner dan sepasang pelat logam ringan setimbang yang berputar pada sebuah sumbu pusat (Gambar). Sebuah jarum penunjuk dipasang pada pelat yang berputar. Sebuah pegas spiral akan mengembalikan jarum penunjuk ke kedudukan nol. Bila pelat pada meter dihubungkan dengan sebuah sumber tegangan dc, maka pelat muatan positif dan muatan negatif akan saling menarik. Pelat yang berputar akan bergerak ke arah tetap (stasioner) melawan tegangan pegas, sehingga memutar jarum penunjuk pada skala.



Gambar 2.16. Voltmeter

2.9.3. Amperemeter

Amperemeter adalah alat untuk mengukur kuat arus listrik dalam rangkaian tertutup. *Amperemeter* biasanya dipasang secara seri dengan elemen listrik. Dalam praktikum sumber listrik arus searah *amperemeter* biasanya digunakan untuk mengukur besarnya arus yang mengalir dalam kawat penghantar. Bagian-bagian *amperemeter* terdiri dari skala, setup pengatur, dan kutup positif-negatif.



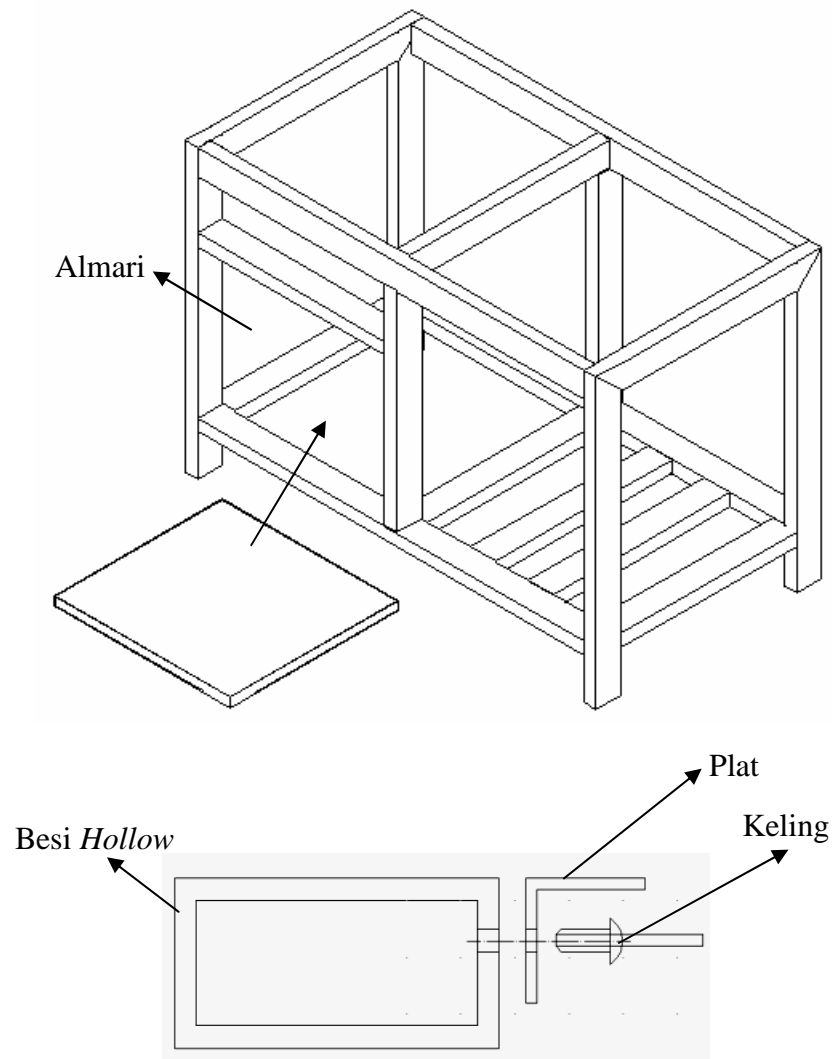
Gambar 2.17. Amperemeter

BAB III

ANALISA PERHITUNGAN

3.1. Keling

Pada bagian-bagian sisi almari diberi plat, yang pemasangannya dengan menggunakan keling. Pada analisa perhitungan keling yang dihitung hanya pada plat bagian bawah, karena pada bagian ini mendapat beban paling besar. Pada bagian bawah dikeling pada keempat sisi, dengan jumlah keling 3 buah pada tiap sisi.



Gambar 3.1. Pemasangan plat

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Tebal Plat (t)} &= 1 \text{ mm} \\ \text{Diameter Keling (d)} &= 4 \text{ mm} \\ \text{Pitch (p)} &= 150 \text{ mm} \\ \text{Jumlah Keling (n)} &= 12 \text{ buah} \\ \tau_{\text{keling}} (\text{Aluminium}) &= 70 \text{ MPa} \\ &= 70 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Lampiran 1}) \\ \sigma_{\text{t plat}} (\text{ST 37}) &= 370 \text{ MPa} \\ &= 370 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Lampiran 2}) \end{aligned}$$

maka,

a. Ketahanan geser keling (*shearing of rivet*) :

$$\begin{aligned} F_s &= n \cdot \tau \cdot \pi/4 \cdot d^2 \\ &= 12 \cdot 70 \text{ N/mm}^2 \cdot \pi/4 \cdot (4 \text{ mm})^2 \\ &= 10.555,75 \text{ N} \\ &= 1.076 \text{ Kg} \end{aligned}$$

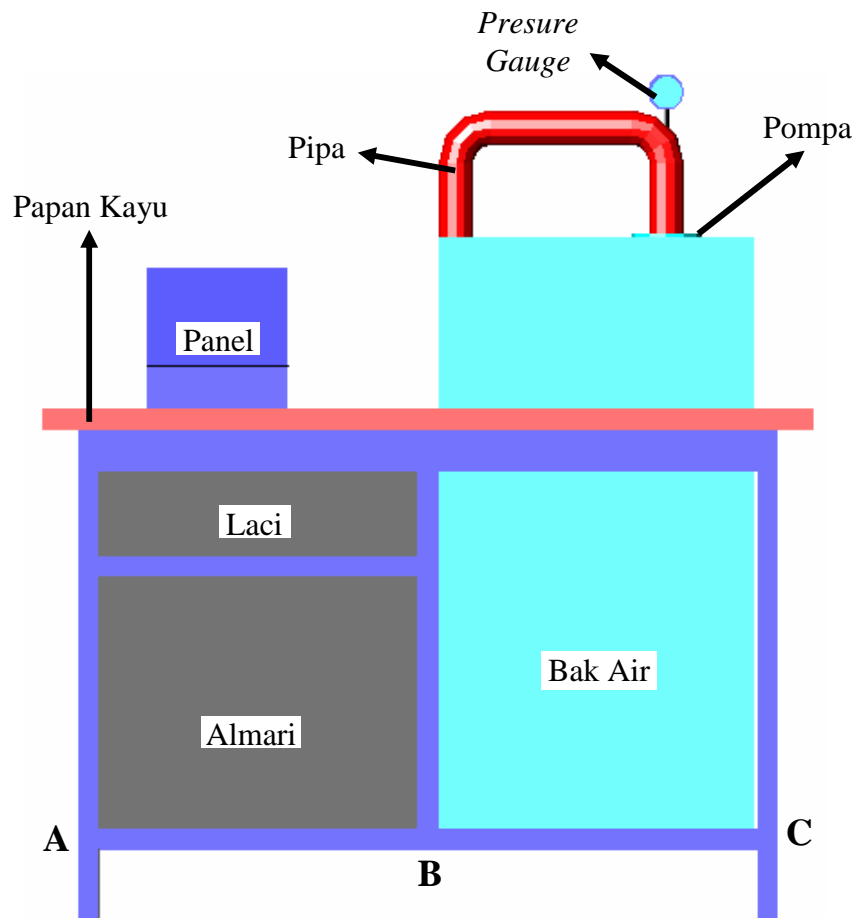
b. Ketahanan sobek plat (*tearing of the plate*) :

$$\begin{aligned} F_t &= \sigma_t \cdot (p - d) \cdot t \\ &= 370 \text{ N/mm}^2 \cdot (150 \text{ mm} - 4 \text{ mm}) \cdot 1 \text{ mm} \\ &= 54.020 \text{ N} \\ &= 5.506,63 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Beban maksimal yang mampu ditahan alas almari yaitu 1.076 Kg. Demi keamanan desain, maka beban dalam almari dibatasi sampai 1.000 Kg.

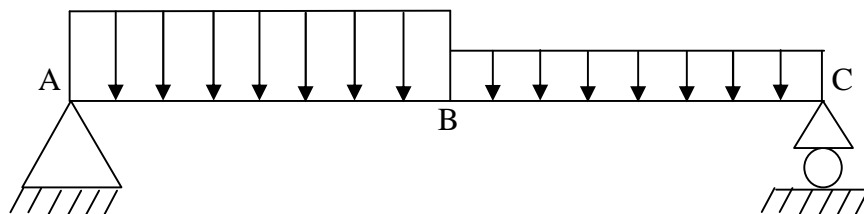
3.2. Rangka

Pada perhitungan rangka, bagian yang mengalami pembebanan yang paling besar yang dilakukan proses penganalisaan. Jika pada bagian yang paling kritis aman maka pada rangka yang lain akan aman pula.



Gambar 3.2. Beban pada rangka

Bahan *hollow* yaitu baja ST 37 dengan $\sigma_t = 370 \text{ MPa}$ (Lampiran 2)



Gambar 3.3. Tumpuan Pada Rangka

Beban pada rangka :

➤ Batang A-B

Beban yang mampu ditahan almari yaitu 1.000 Kg. Karena beban merata maka beban dibagi dengan satuan panjang.

$$\begin{aligned}
 P1 &= \frac{1.000 \text{ Kg}}{0,5 \text{ m}} \\
 &= 2.000 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

➤ Batang B-C

→ Pompa	: 10,5 Kg
→ Pipa	: 2 Kg
→ Bak	: 5 Kg
→ Bantalan Bak	: 2 Kg
→ Air	: 152,694 Kg

$$\rho_{\text{air}} = 998 \text{ Kg/m}^3$$

volume bak yang terisi air :

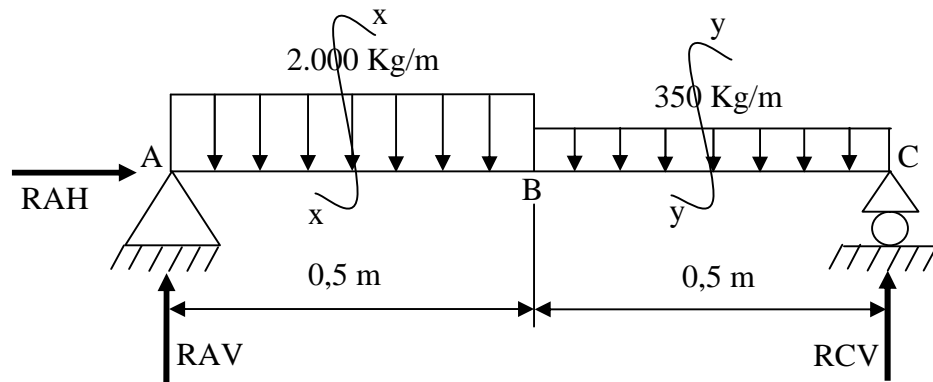
$$\begin{aligned}
 V &= 48,5 \text{ cm} \times 45 \text{ cm} \times 70 \text{ cm} \\
 &= 152.775 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,153 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka massa air :

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \\
 &= 998 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,153 \text{ m}^3 \\
 &= 152,694 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Karena beban merata maka beban dibagi dengan satuan panjang.

$$\begin{aligned}
 P2 &= \frac{(10,5 + 2 + 5 + 2 + 152,694) \text{ Kg}}{0,5 \text{ m}} \\
 &= \frac{172,194 \text{ Kg}}{0,5 \text{ m}} \\
 &= 344,388 \text{ kg/m} \rightarrow 350 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 3.4. Reaksi Gaya Luar

A. Kestimbangan Gaya Luar

$$\Sigma F_x = 0$$

$$RAH = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\begin{aligned} RAV + RCV &= 2.000 \text{ Kg/m} \cdot 0,5 \text{ m} + 350 \text{ Kg/m} \cdot 0,5 \text{ m} \\ &= 1.175 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\Sigma MA = 0$$

$$2.000 \text{ Kg/m} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot \left(\frac{0,5 \text{ m}}{2}\right) + 350 \text{ Kg/m} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot \left(0,5 \text{ m} + \frac{0,5 \text{ m}}{2}\right) - RCV \cdot 1 \text{ m} = 0$$

$$250 + 131,25 - RCV = 0$$

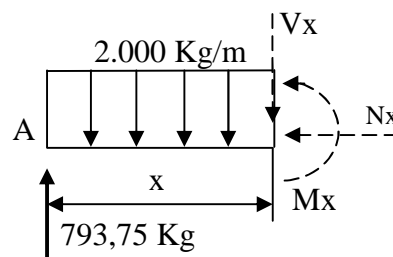
$$RCV = 381,25 \text{ Kg}$$

$$RAV = 1.175 \text{ Kg} - 381,25 \text{ Kg}$$

$$= 793,75 \text{ Kg}$$

B. Kestimbangan Gaya Dalam

Potongan x – x



Gambar 3.5. Potongan Kiri Batang A - B

Potongan kiri (A \rightarrow B)

$$N_x = 0$$

$$V_x = 793,75 - 2.000 \cdot x$$

$$M_x = 793,75 \cdot x - 2.000 \cdot x \cdot \frac{x}{2}$$

Nilai gaya dalam :

Titik A (x = 0)

$$N_A = 0$$

$$V_A = 793,75 \text{ Kg}$$

$$M_A = 0$$

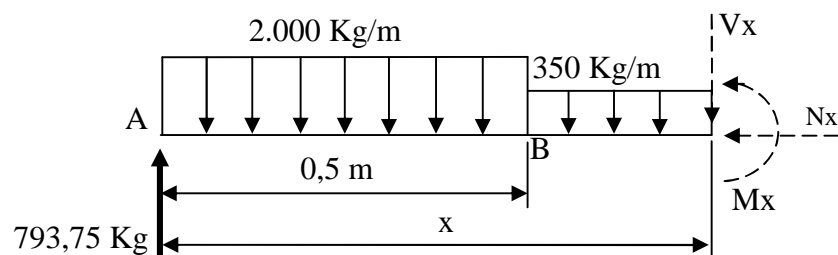
Titik B (x = 0,5)

$$N_B = 0$$

$$\begin{aligned} V_B &= 793,75 \text{ Kg} - 2.000 \text{ Kg/m} \cdot 0,5 \text{ m} \\ &= -206,25 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= 793,75 \text{ Kg} \cdot 0,5 \text{ m} - 2.000 \text{ Kg/m} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot \frac{0,5 \text{ m}}{2} \\ &= 146,875 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

Potongan y – y



Gambar 3.6. Potongan Kiri Batang B - C

Potongan kiri (B \rightarrow C)

$$N_x = 0$$

$$V_x = 793,75 - 2.000 \cdot 0,5 - 350 \cdot (x - 0,5)$$

$$M_x = 793,75 \cdot x - 2.000 \cdot 0,5 \cdot \left(x - \frac{0,5}{2}\right) - 350 \cdot (x - 0,5) \cdot \left(\frac{x - 0,5}{2}\right)$$

Nilai gaya dalam :

Titik B ($x = 0,5$)

$$N_B = 0$$

$$\begin{aligned} V_B &= 793,75 \text{ Kg} - 2.000 \text{ Kg/m} \cdot 0,5 \text{ m} \\ &= -206,25 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= 793,75 \text{ Kg} \cdot 0,5 \text{ m} - 2.000 \text{ Kg/m} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot \left(0,5 \text{ m} - \frac{0,5 \text{ m}}{2}\right) \\ &= 146,875 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

Titik C ($x = 1$)

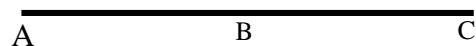
$$N_C = 0$$

$$\begin{aligned} V_C &= 793,75 \text{ Kg} - 2.000 \text{ Kg/m} \cdot 0,5 \text{ m} - 350 \text{ Kg} \cdot (1 \text{ m} - 0,5 \text{ m}) \\ &= 793,75 \text{ Kg} - 1.000 \text{ Kg} - 175 \text{ kg} \\ &= -381,25 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_C &= 793,75 \text{ Kg} \cdot 1 \text{ m} - 2.000 \text{ Kg/m} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot \left(1 \text{ m} - \frac{0,5 \text{ m}}{2}\right) - 350 \text{ Kg/m} \\ &\quad \cdot (1 \text{ m} - 0,5 \text{ m}) \cdot \left(\frac{1 \text{ m} - 0,5 \text{ m}}{2}\right) \\ &= 793,75 - 750 - 43,75 \\ &= 0 \end{aligned}$$

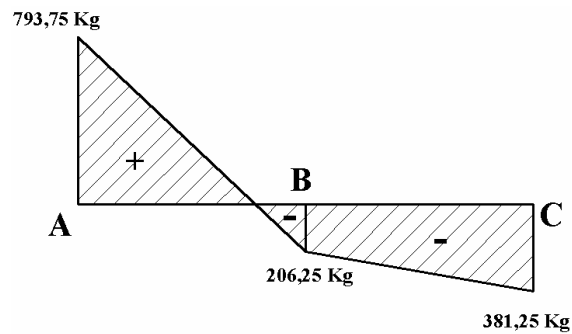
Diagram gaya dalam

NFD (*Normal Force Diagram*)



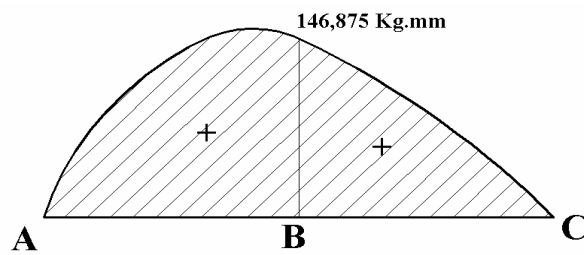
Gambar 3.7. Diagram gaya normal

SFD (*Shearing Force Diagram*)



Gambar 3.8. Diagram gaya geser

BMD (*Bending Momen Diagram*)



Gambar 3.9. Diagram momen lentur

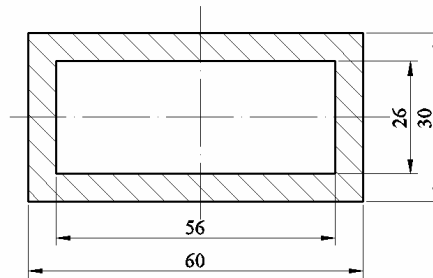
Jika nilai SFD pada suatu titik 0, maka pada titik itu nilai momen akan maksimum.

$$\begin{aligned}
 V_x &= 793,75 \text{ Kg} - 2.000 \text{ Kg/m} \cdot x = 0 \\
 x &= \frac{793,75 \text{ Kg}}{2.000 \text{ Kg/m}} \\
 &= 0,397 \text{ m dari kiri}
 \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= 793,75 \cdot x - 2.000 \cdot x \cdot \frac{x}{2} \\
 &= 793,75 \text{ Kg} \cdot 0,397 \text{ m} - 2.000 \text{ Kg/m} \cdot 0,397 \text{ m} \cdot \frac{0,397 \text{ m}}{2} \\
 &= 315,119 - 157,609 \\
 &= 157,51 \text{ Kg.m} \\
 &= 1575,1 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

C. Titik berat dan luas penampang

Gambar 3.10. Penampang baja *hollow*

Penampang utuh

$$A_1 = 60 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} = 1800 \text{ mm}^2$$

$$Y_1 = 30 \text{ mm} / 2 = 15 \text{ mm (dari bawah)}$$

Penampang rongga

$$A_2 = 56 \text{ mm} \times 26 \text{ mm} = 1456 \text{ mm}^2$$

$$Y_2 = 26 \text{ mm} / 2 + 2 = 15 \text{ mm (dari bawah)}$$

Penampang komplek

$$\hat{Y} = \frac{A_1 \cdot Y_1 - A_2 \cdot Y_2}{A_1 - A_2}$$

$$= \frac{1.800 \text{ mm}^2 \cdot 15 \text{ mm} - 1.456 \text{ mm}^2 \cdot 15 \text{ mm}}{1.800 \text{ mm}^2 - 1.456 \text{ mm}^2}$$

$$= 15 \text{ mm (dari bawah)}$$

D. Momen Inersia

Penampang utuh

$$I_{zz1} = I_o + A_1 \cdot d_1^2$$

$$= 1/12 \cdot b_1 \cdot h_1^3 + A_1 \cdot (\hat{Y} - Y_1)$$

$$= 1/12 \cdot 60 \text{ mm} \cdot (30 \text{ mm})^3 + 1.800 \cdot (15 - 15)$$

$$= 135.000 \text{ mm}^4$$

Penampang rongga

$$I_{zz2} = I_o + A_2 \cdot d_2^2$$

$$\begin{aligned}
&= 1/12 \cdot b_2 \cdot h_2^3 + A_2 \cdot (\hat{Y} - Y_2) \\
&= 1/12 \cdot 26 \text{ mm} \cdot (56 \text{ mm})^3 + 1.456 \cdot (15 - 15) \\
&= 82.021,333 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

Penampang komplek

$$\begin{aligned}
I_{zz} &= 135.000 \text{ mm}^4 - 82.021,333 \text{ mm}^4 \\
&= 52.978,667 \text{ mm}^4 \\
&= 0,529 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4
\end{aligned}$$

E. Tegangan tarik maksimal

$$\begin{aligned}
\sigma_{\max} &= \frac{M \cdot Y}{I} \\
&= \frac{1.575,1 \text{ N.m} \cdot 0,015 \text{ m}}{0,529 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4} \\
&= 44,6626 \cdot 10^{-7} \text{ N/mm}^2 \\
&= 446,626 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

Karena beban ditahan oleh batang depan dan belakang, maka :

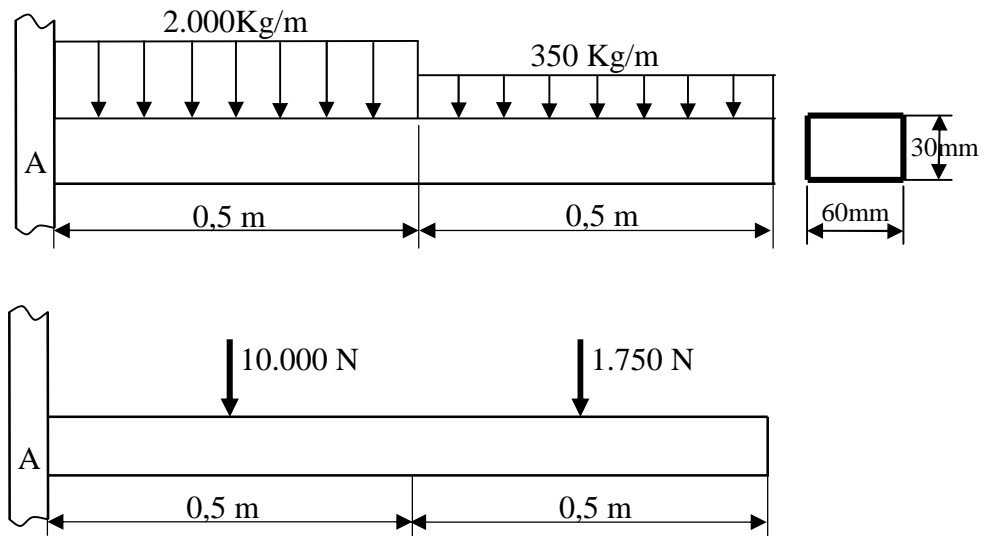
$$\begin{aligned}
\sigma_{\text{reaksi}} &= \frac{446,626 \text{ MPa}}{2} \\
&= 223,3175 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

Karena σ_{reaksi} pada perhitungan lebih kecil dari σ_t bahan maka desain rangka aman. ($223,3175 \text{ MPa} < 370 \text{ MPa}$)

3.3. Pengelasan

Pada preses pengelasan rangka ini elektroda yang digunakan yaitu jenis E 6013, yang artinya : (Lampiran 3)

- E 60 = Kekuatan tarik terendah setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 Kg/mm². Kekuatan geser 38,7 Kg/mm²
- 1 = Posisi pengelasan mendatar, vertical atas kepala dan horizontal
- 3 = Jenis listrik adalah AC atau DC polaritas ganda, diameter elektroda 2,6 mm, arus 230 – 270 A, tegangan 27 - 29 V



Gambar 3.11. Reaksi gaya terhadap kekuatan las

Diketahui :

- b las = 30 mm
- l las = 60 mm
- s = 3 mm
- t = 0,707s

maka,

A. Tebal las (t)

$$\begin{aligned}
 t &= 0,707s \\
 &= 0,707 \cdot 3 \text{ mm} \\
 &= 2,121 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

B. Luas pengelasan

$$\begin{aligned}
 A &= 2 (t \cdot l + t \cdot b) \\
 &= 2 (2,121 \text{ mm} \cdot 60 \text{ mm} + 2,121 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm}) \\
 &= 381,78 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

C. Tegangan Geser

$$\tau = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{10.000 \text{ N} + 1.750 \text{ N}}{381,78 \text{ mm}^2}$$

$$= 30,777 \text{ N/mm}^2$$

D. Momen

$$M = (P_1 \cdot l_1) + (P_2 \cdot l_2)$$

$$= (10.000 \text{ N} \cdot 250 \text{ mm}) + (1.750 \text{ N} \cdot 750 \text{ mm})$$

$$= 3.812.500 \text{ N.mm}$$

E. Modulus

$$Z = t (b \cdot l + b^2/3)$$

$$= 2,121 \text{ mm} (30 \text{ mm} \cdot 60 \text{ mm} + (30 \text{ mm})^2/3)$$

$$= 4.454,1 \text{ mm}^3$$

F. Tegangan Lentur

$$\sigma_b = M/Z$$

$$= 3.812.500 \text{ N.mm} / 4.454,1 \text{ mm}^3$$

$$= 855,953 \text{ N/mm}^2$$

G. Tegangan Geser Maksimum

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_b)^2 + 4\tau^2}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{(855,953 \text{ N/mm}^2)^2 + 4 \cdot (30,777 \text{ N/mm}^2)^2}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{732.655,538 + 3.788,895}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{736.444,433}$$

$$= \frac{1}{2} 858,163 \text{ N/mm}^2$$

$$= 429,082 \text{ N/mm}^2$$

$$= 43,739 \text{ Kg/mm}^2$$

Karena pada titik A terdapat pengelasan rangka depan dan belakang, maka :

$$\begin{aligned}\tau_{\text{pengelasan}} &= \frac{T_{\text{max}}}{2} \\ &= \frac{43,739 \text{ Kg/mm}^2}{2} = 21,869 \text{ Kg/mm}^2\end{aligned}$$

Karena τ pengelasan < τ ijin maka pengelasan aman. ($21,869 \text{ Kg/mm}^2 < 38,7 \text{ Kg/mm}^2$)

3.4. Poros

Bahan poros : ST 42 dengan tegangan tarik (σ_t) 420 MPa

Putaran poros : 2.860 rpm

Daya : 1,5 HP

Daya yang ditransmisikan :

$$\begin{aligned}P &= 1,5 \text{ HP} \\ &= 1,5 \times 746 \text{ Watt} \\ &= 1.119 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Torsi yang ditransmisikan poros :

$$\begin{aligned}T &= \frac{P \times 60}{2 \pi N} \\ &= \frac{1.119 \text{ Watt} \times 60}{2 \pi \cdot 2.860 \text{ rpm}} \\ &= 3,736 \text{ N.m} \\ &= 3.736 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

Tegangan geser yang diijinkan :

$$\begin{aligned}\tau &= 0,5 \cdot \sigma_t \\ &= 0,5 \cdot 420 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$= 210 \text{ N/mm}^2$$

Maka,

$$T = \pi/16 \cdot \tau \cdot d^3$$

$$3.736 \text{ N.mm} = \pi/16 \cdot 210 \text{ N/mm}^2 \cdot d^3$$

$$3736 = 41,233 \cdot d^3$$

$$d^3 = \frac{3.736}{41,233}$$

$$d^3 = 90,607$$

$$d = 4,491 \text{ mm}$$

Karena diameter poros dari perhitungan lebih kecil dari pada diameter poros alat, maka desain poros **aman**. ($4,491 \text{ mm} < 15 \text{ mm}$)

3.5. Pompa

Dari name plate pompa dan dari data percobaan diketahui :

$$V = 220 \text{ V}$$

$$A = 1 \text{ A}$$

$$P_s = -1 \text{ atm} = -1 \text{ kg/cm}^2 = -10 \text{ mka}$$

$$P_d = 0,6 \text{ kg/cm}^2 = 6 \text{ mka}$$

$$Q = 0,5 \text{ liter}$$

$$= 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\cos \theta = 0,99$$

Head pompa

$$\begin{aligned} H_p &= P_d - P_s \\ &= 6 - (-10) \\ &= 16 \text{ mka} \end{aligned}$$

Daya output

$$P_o = Q \times H_p \times \gamma$$

$$\begin{aligned}
 &= Q \times H_p \times \rho_{\text{air}} \times g \\
 &= 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \times 16 \text{ mka} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,810 \text{ m/s}^2 \\
 &= 78,48 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Daya input

$$\begin{aligned}
 P_i &= V \times I \times \cos \theta \\
 &= 220 \text{ V} \times 1 \text{ A} \times 0,99 \\
 &= 217,8 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Efisiensi

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_o}{P_i} \times 100 \% \\
 &= \frac{78,48}{217,8} \times 100 \% \\
 &= 36,16 \%
 \end{aligned}$$

BAB IV

PEMBUATAN ALAT DAN ANALISA BIAYA

4.1. Gambar Alat



Gambar 4.1. Alat praktikum

4.2. Alat dan Bahan

4.2.1. Bahan yang digunakan

1. Baja *hollow* (60 x 30 x2) mm
2. Rel laci
3. Engsel
4. Plat
5. Keling
6. Baut
7. Mur

8. Papan kayu untuk meja (110 x 70) cm
9. Papan kayu untuk landasan bak (48,5 x 45)
10. Dempul + *hardener*
11. Cat
12. Thiner
13. *Epoxy*
14. *Clear*

4.2.2. Alat yang digunakan

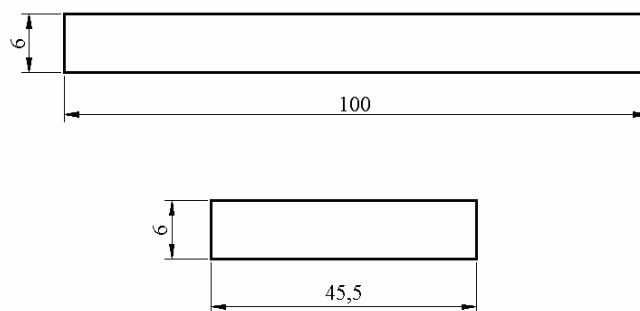
1. Gergaji
2. Gerinda potong
3. Las listrik satu set
4. Palu besi
5. Palu karet
6. Gerinda tangan
7. Mesin bor tangan
8. Penyiku
9. Penggaris
10. Kain
11. Kaca mata las
12. Penitik
13. Penggores
14. Amplas
15. Sprayer
16. Kompresor
17. Rivet
18. Obeng
19. Mesin las titik
20. Tang

4.3. Pembuatan Rangka

4.3.1. Pemotongan bahan untuk rangka

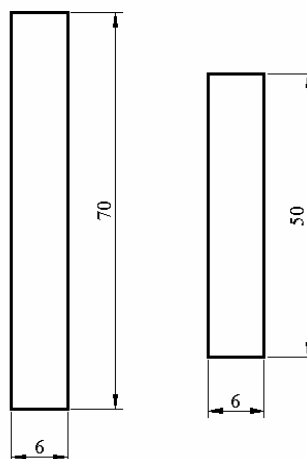
Proses pemotongan bahan dengan menggunakan gerinda potong dan untuk menepatkan ukuran dengan menggunakan gergaji tangan. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pemotongan yaitu 55 menit. Adapun tahapan pengerjaannya yaitu :

1. Untuk ukuran panjang memotong baja *hollow* (60 x 30 x 2) mm panjang 100 cm sebanyak 4 buah dan panjang 45,5 cm sebanyak 1 buah.



Gambar 4.2. Potongan panjang

2. Untuk ukuran tinggi memotong baja *hollow* (60 x 30 x 2) mm panjang 70 cm sebanyak 4 buah dan 50 cm sebanyak 2 buah.



Gambar 4.3. Potongan tinggi

3. Untuk ukuran lebar memotong baja *hollow* (60 x 30 x 2) mm panjang 55 cm sebanyak 2 buah dan memotong panjang 45 cm sebanyak 6 buah.

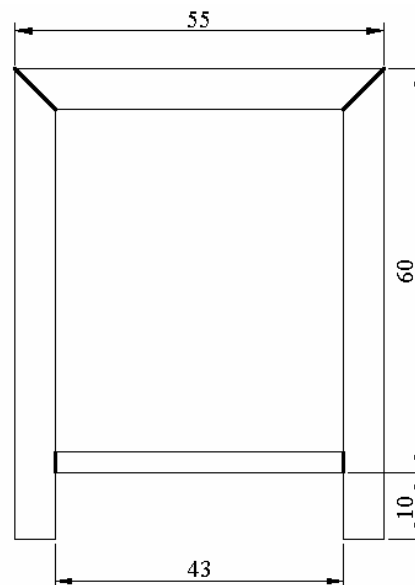


Gambar 4.4. Potongan lebar

4.3.2. Pengelasan

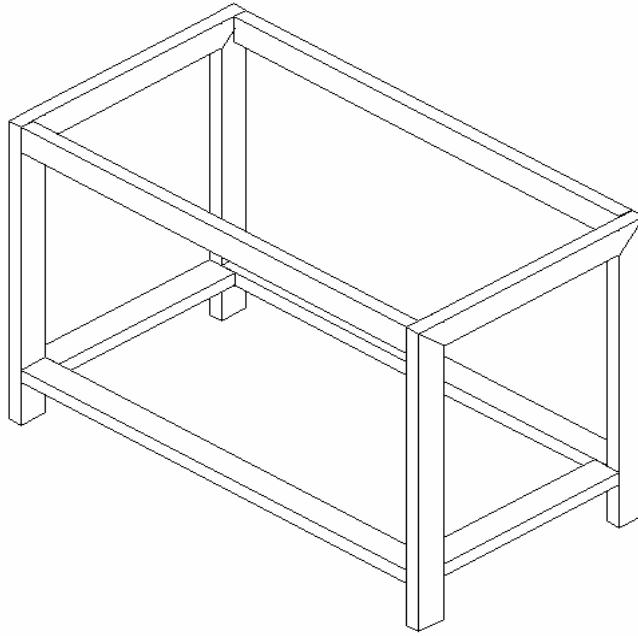
Proses pengelasan dengan menggunakan las listrik. Waktu yang dibutuhkan untuk pengelasan yaitu 6 jam. Langkah – langkah pengelasan sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat pengelasan beserta elektrodanya.
2. Mengatur arus dan tegangan listrik yang dibutuhkan.
3. Menyiapkan baja *hollow* yang akan dilas.
4. Melakukan pengelasan dengan memakai kaca pengaman (topeng las).
5. Mengelas rangka kaki samping kanan dan samping kiri.



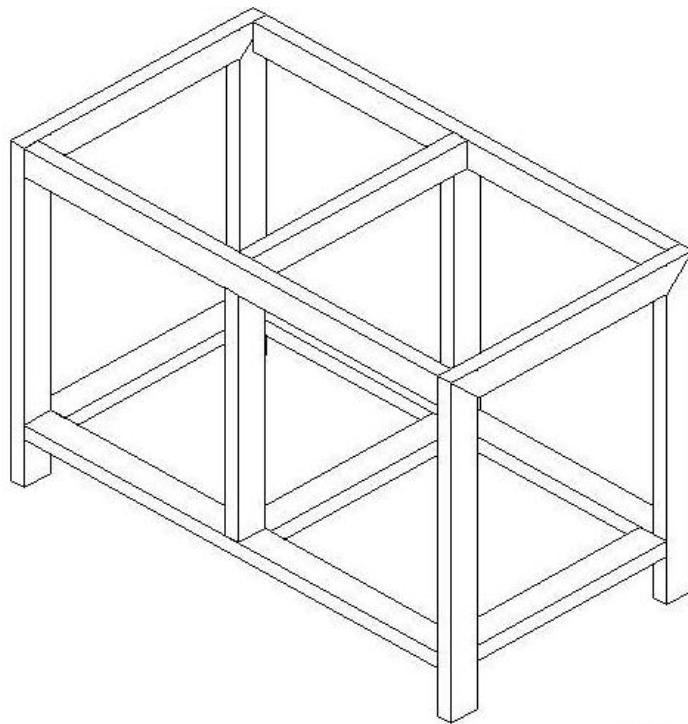
Gambar 4.5. Rangka samping kanan dan kiri

6. Mengelas rangka depan dengan samping kanan dan kiri.
7. Mengelas rangka belakang dengan samping kanan dan kiri.



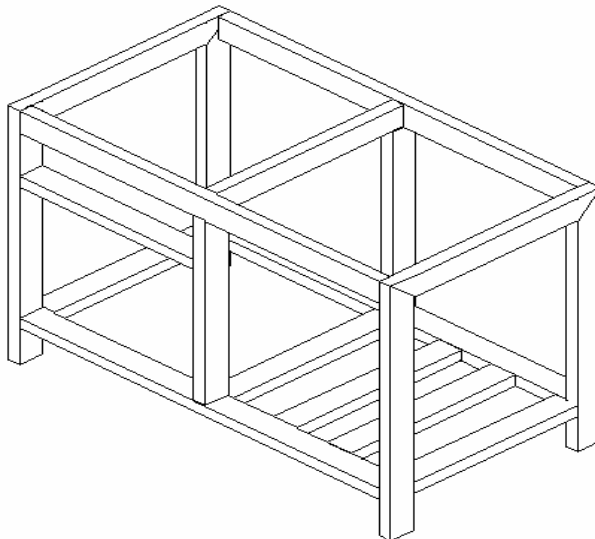
Gambar 4.6. Pengelasan rangka depan dan belakang

8. Mengelas rangka bagian tengah rangka.



Gambar 4.7. Pengelasan rangka tengah

9. Mengelas rangka laci dan alas bak.



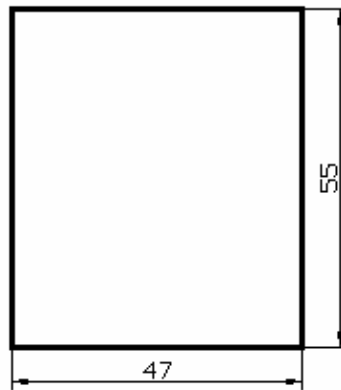
Gambar 4.8. Pengelasan rangka pintu

10. Menggerinda permukaan bagian las yang masih menonjol.
11. Melakukan proses *finishing*.

4.4. Pemotongan Plat

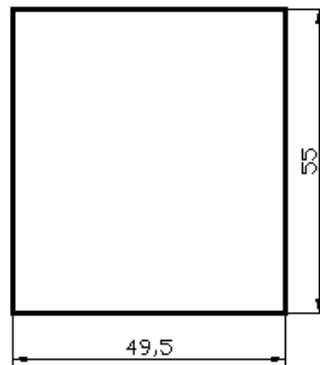
Pada langkah pemotongan plat, pertama-tama menggambar kebutuhan plat pada lembaran plat kemudian memotongnya. Waktu yang dibutuhkan yaitu 30 menit. Langkah-langkah pemotongan plat yaitu :

1. Memotong plat ukuran (47 x 55 x 1) mm sebanyak 2 buah untuk tutup samping luar dan samping dalam.



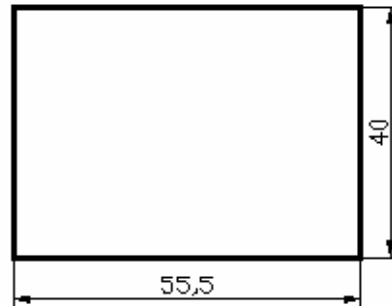
Gambar 4.9. Potongan plat samping dalam dan luar

2. Memotong plat ukuran (49,5 x 55 x 1) mm sebanyak 1 buah untuk tutup belakang.



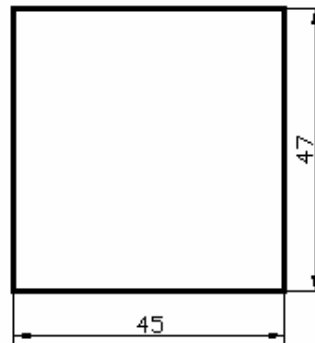
Gambar 4.10. Potongan plat belakang

3. Memotong plat ukuran (55,5 x 40 x 1) mm sebanyak 1 buah untuk pintu.



Gambar 4.11. Potongan plat pintu

4. Memotong plat ukuran (45 x 47 x 1) mm sebanyak 1 buah untuk tutup bawah.



Gambar 4.12. Potongan plat bawah

5. Memotong plat ukuran (73,5 x 54 x 1) mm sebanyak 2 buah untuk laci bagian bawah.



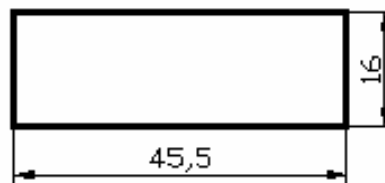
Gambar 4.13. Potongan plat laci bawah

6. Memotong plat ukuran (45,5 x 20 x 1) mm sebanyak 1 buah untuk laci depan.



Gambar 4.14. Potongan plat laci depan

7. Memotong plat ukuran (45,5 x 16 x 0,01) mm sebanyak 1 buah untuk laci belakang.



Gambar 4.15. Potongan plat laci belakang

4.5. Pemasangan Plat

Plat yang sudah dilakukan proses penekukan selanjutnya dipasang pada rangka. Pemasangan plat pada meja membutuhkan waktu 2 jam. Adapun langkah-langkahnya, yaitu :

1. Memasukan plat pada rangka.
2. Menepatkan ukuran tekukan dengan palu pada bagian yang tidak sesuai agar ukuran plat bisa masuk dalam rangka.
3. Memasang bagian plat pada rangka sesuai pada tempatnya.
4. Memasang plat bagian samping kanan.
5. Membuat lubang dengan bor diameter 4 mm pada tepian masing – masing plat.
6. Memasang rivet pada tekukan plat dengan diameter rivet 4 mm.
7. Memasang plat bagian samping kiri kemudian tutup belakang dan tutup bawah.
8. Membentuk plat untuk laci kemudian mengelasnya dengan menggunakan las titik.
9. Mengelas plat tempat dudukan rel laci.

10. Memasang rel laci kemudian memasang laci.
11. Memasang engsel pada pintu depan sebanyak dua buah.
12. Memasang pintu pada rangka.

4.6. Proses Pengecatan

Pengecatan dilakukan untuk melindungi rangka dari korosi. Proses pengamplasan sampai pengecatan membutuhkan waktu 3 hari. Langkah pengerjaan dalam proses pengecatan yaitu :

1. Membersihkan seluruh permukaan benda dengan amplas dan air untuk menghilangkan korosi.
2. Pengamplasan dilakukan beberapa kali sampai permukaan benda luar dan dalam benar-benar bersih dari korosi.
3. Melakukan pendempulan pada bagian-bagian yang berlubang dan yang tidak rata.
4. Melakukan pengamplasan kembali pada bagian yang di dempul agar permukaan benda kerja menjadi rata.
5. Membersihkan seluruh bagian permukaan benda kerja sebelum diberi cat dasar.
6. Memberikan cat dasar (*epoxy*) ke seluruh bagian yang akan dicat.
7. Mengamplas kembali permukaan yang telah diberi cat dasar sampai benar-benar halus dan rata.
8. Melakukan pengecatan warna.

4.7. Perawatan

4.7.1. Macam-macam perawatan pompa

1. *Preventive maintenance*

Preventive maintenance merupakan tindakan pemeliharaan yang terjadwal dan terencana. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi masalah-masalah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada pompa dan menjaganya selalu tetap normal selama dalam operasi.

Contoh pekerjaan tersebut adalah :

- o Melakukan pengecekan terhadap pendeteksi indikator tekanan dan temperatur fluida pada pompa, atau alat pendeteksi indikator lainnya, apakah telah sesuai hasilnya untuk kondisi normal kerja pompa atau tidak .
- o Membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada bodi pompa (debu, tanah maupun bekas minyak).
- o Mengikat baut-baut yang kendur.
- o Perbaiki atau mengganti gasket pada sambungan-sambungan *flange* yang bocor atau rusak.

2. *Predictive maintenance*

Predictive maintenance merupakan perawatan yang bersifat prediksi, dalam hal ini merupakan evaluasi dari perawatan berkala (*preventive maintenance*). Pendeteksian ini dapat dievaluasi dari indikator-indikator yang terpasang pada instalasi pada pompa dan juga dapat melakukan pengecekan *vibrasi* dan *alignment* pada pompa untuk menambah data dan tindakan perbaikan selanjutnya.

3. *Breakdown maintenance*

Breakdown maintenance merupakan perbaikan yang dilakukan tanpa adanya rencana terlebih dahulu. Dimana kerusakan terjadi secara mendadak pada pompa yang sedang beroperasi, yang mengakibatkan kerusakan bahkan hingga pompa tidak dapat beroperasi. Contoh kerusakan tersebut adalah :

- o Rusaknya bantalan karena kegagalan pada pelumasan
- o Terlepasnya *couple* penghubung antara poros pompa dan poros penggeraknya akibat kurang kencangnya baut-baut yang tersambung.
- o Macetnya impeller karena terganjal benda asing.

4. *Corrective maintenance*

Corrective maintenance merupakan pemeliharaan yang telah direncanakan, yang didasarkan pada kelayakan waktu operasi yang telah ditentukan pada buku petunjuk pompa tersebut. Pemeliharaan ini merupakan ”*general overhaul*” yang meliputi pemeriksaan, perbaikan dan penggantian terhadap setiap bagian-bagian pompa yang tidak layak pakai lagi, baik karena rusak maupun batas maksimum waktu operasi yang telah ditentukan.

4.7.2. Perawatan pompa

Hal-hal yang harus diperhatikan pada saat melakukan perawatan pompa dan mesin penggeraknya adalah sebagai berikut :

1. Persiapkan alat-alat kerja

Untuk mengoperasikan pompa ini, persiapan alat-alat yang diperlukan tidak banyak. Alat-alat yang dipersiapkan berupa kunci-kunci pas untuk pembongkaran pompa. Meskipun demikian lebih baik dipersiapkan alat-alat yang mungkin diperlukan juga untuk pemeriksaan ulang. Usahakan dalam bekerja peralatan tidak tercecer, sehingga bila diperlukan dapat digunakan dengan benar.

2. Memahami mengapa mesin harus dirawat

Jika melakukan suatu perawatan ringan hanya melakukan kegiatan perawatan luar seperti membersihkan debu saja tidak banyak hal yang harus diperhatikan tetapi jika sudah harus membongkar bagian dalam suatu komponen harus memiliki langkah khusus. Jangan membongkar mesin bila belum mengetahui alasan dibongkar, hal ini untuk mempermudah menemukan penyebab kerusakan selama membongkar dan memeriksa.

3. Pemeriksaan sebelum membongkar

Sebelum membongkar suatu komponen dari bagian mesin, periksalah bagian mesin untuk menentukan bagian manakah yang harus dibongkar dan diperiksa. Hal ini untuk memastikan anda untuk menentukan apakah mesin perlu dibongkar atau tidak.

4. Pemeriksaan selama membongkar

Jangan membongkar begitu saja, periksalah tiap komponen yang dibongkar dan periksa kotorannya, keausan dan kerusakan pada tiap komponen yang dilepaskan dari mesin.

5. Menyusun komponen yang dibongkar secara teratur

Komponen yang dibongkar disusun secara rapi dan teratur, mur dan baut yang tipenya berbeda jangan dicampur adukkan dengan baut-baut lainnya, hal ini untuk menghemat waktu pada saat merakit kembali.

6. Membersihkan komponen yang dibongkar

Bersihkan komponen yang telah dibongkar dari kotoran, pasir, debu, oli atau gemuk untuk mempermudah pemeriksaan secara akurat untuk mencegah kerusakan pada mesin.

7. Merakit kembali

Rakitlah komponen mesin dengan benar sesuai dengan spesifikasi yang ditunjukkan dalam pedoman reparasi.

8. Memeriksa dan penyetelan komponen fungsional

Gunakan pengukuran *gauge* atau *tester* yang baik untuk memeriksa berfungsi atau tidaknya komponen dan lakukanlah penyetelan seperlunya.

4.7.3. Inspeksi/pemeriksaan

1. Pemeriksaan impeler

Karena posisi impeller berada di dalam, maka impeller tidak dapat diamati secara langsung tetapi dapat diamati dari volume air yang keluar melalui pipa buangnya :

- a. Periksa impeller dengan mengamati besarnya jumlah air yang keluar melalui pipa buang. Biasanya kerusakan terjadi akibat dalam proses kerja atau kontak langsung terhadap air.
 - b. Periksa kondisi impeller terhadap korosi akibat kontak langsung dengan air maupun bahan kimia lain yang terkandung didalam air maupun umur dari impeller itu sendiri. Jika kondisi impeller sangat mempengaruhi efisiensi pompa, maka ganti impellernya.
 - c. Atau memeriksa umur impeller kapan impeller tersebut digunakan dengan melihat buku sejarah pompa itu. Jika umur impeller telah melampaui dari standar yang dikeluarkan oleh pabrik pembuatnya maka harus dilakukan penggantian
2. Pemeriksaan *glant paking* (*seal* penyekat poros)
- a. Periksa kebocoran *gland paking* dengan cara mengisi saluran keluaran dan lakukan pengamatan apakah ada bocoran air dari saluran hisap.
 - b. Jika terjadi tetesan air diluar batas yang dianjurkan, coba atasi dengan menambahkan sebagai penyekat dan mengencangkannya.
 - c. Ketika kebocoran dari *gland paking* bertambah dan kebocoran air masih tidak bisa teratasi sebaiknya *seal* diganti dengan yang baru.
3. Pemerisaan poros pompa (*shaft*)
- a. Periksa kelurusan poros akibat dari beban aksial dan pembebanan gaya puntir perputaran impeller.
 - b. Pemeriksaan tingkat keausan poros terhadap bantalan. Jika keausan melebihi dari batas yang diizinkan ganti poros.
- Pemeliharaan yang teratur dan bersifat *preventif* menjamin pengoperasian yang lebih baik. Pemeriksaan rutin pompa yang harus dilakukan adalah :
- Periksa apakah ada kelainan dari suara dan getaran.
 - Periksa impeller dan baut-baut yang berhubungan dengan pompa.
 - Periksa minyak pelumas.

- Periksa sambungan-sambungan / pipa-pipa ke selang buang.
- Periksa bak isapan dan saringan hisapan, apakah banyak tersumbat oleh partikel-partikel lainnya.

4.8. Analisa Biaya

Analisis biaya dilakukan untuk menentukan biaya total yang dibutuhkan dalam Pembuatan Alat Praktikum Perawatan Pompa Sumur Dalam meliputi :

- Biaya bahan baku pengecatan.
- Biaya sewa alat dan upah tenaga.
- Biaya komponen pembuatan alat.

4.8.1. Biaya bahan baku pengecatan

Nama bahan	Jumlah	Harga satuan	jumlah
Amplas 400	3	Rp 2.000	Rp 6.000
Amplas 600	2	Rp 2.000	Rp 4.000
Thiner	3	Rp 13.000	Rp 39.000
Dempul	1	Rp 8.500	Rp 8.500
<i>Epoxy</i>	1	Rp 30.000	Rp 30.000
Cat biru	1	Rp 30.000	Rp 30.000
Cat putih	1	Rp 10.000	Rp 10.000
TOTAL			Rp 127.500

4.8.2. Biaya sewa alat dan tenaga

- Biaya pengelasan

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= \text{waktu (sewa alat + operator)} \\
 &= 6 \text{ jam (Rp 25.000/jam + 5.000/jam)} \\
 &= \text{Rp 180.000}
 \end{aligned}$$

- Biaya pemasangan plat dan meja

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= \text{waktu (sewa alat + operator)} \\
 &= 3 \text{ jam (Rp 10.000/jam + Rp 5.000/jam)} \\
 &= \text{Rp 45.000}
 \end{aligned}$$

- Biaya pengecatan

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= \text{waktu (sewa alat + operator)} \\
 &= 2 \text{ hari (Rp 20.000/hari + Rp 25.000/hari)} \\
 &= \text{Rp 90.000}
 \end{aligned}$$

4.8.3. Biaya komponen pembuatan alat

NAMA ALAT	HARGA
Pompa	Rp 3.650.000
Plat ½ lembar	Rp 142.500
Besi <i>Hollow</i> 2 lonjor	Rp 330.000
Tekuk plat	Rp 120.000
Bak	Rp 650.000
Keling & engsel	Rp 10.500
Rel laci	Rp 50.000
Baut pintu & laci	Rp 2.400
Kayu bantalan bak	Rp 50.000
Baut meja kayu	Rp 7.200
1 set kran penguras bak	Rp 68.500
Dobel nepel	Rp 44.500
Voltmeter, amperemeter, dan saklar	Rp 113.000
Grendel jepit	Rp 1.200
Pipa pralon	Rp 45.000
Lem dextone & baut klem	Rp 9.500
<i>Pressure gauge</i> , lem, knev	Rp 57.000
Kunci & tarikan pintu panel	Rp 11.500
Kabel & lampu	Rp 37.000
Karet list laci	Rp 10.000
Kran pengatur keluaran	Rp 35.000
Steker lampu union	Rp 13.500
TOTAL	Rp 5.458.300

Jadi total biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan alat tersebut adalah sebesar

Rp 5.900.800,-

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan Tugas Akhir dengan memperhatikan data yang ada dapat diketahui bahwa pembuatan alat perawatan pompa sumur dalam (*deep well pump*) dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut.
2. Bagian-bagian yang terdapat di dalam pompa yang harus mendapatkan perawatan antara lain :
 - Impeller
 - Seal
 - Poros
3. Perawatan pompa sumur dalam (*deep well pump*) dilakukan secara teratur dan bersifat *preventif* agar menjamin pengoperasian yang lebih baik.
4. Biaya keseluruhan komponen pembuatan alat praktikum perawatan pompa sumur dalam (*deep well pump*) adalah **Rp 5.900.800,-**
5. Dari perhitungan di atas diketahui :
 - Head pompa : 16 mka
 - Daya output : 78,48 Watt
 - Daya input : 217,8 Watt
 - Efisiensi : 36,16 %

5.2 Saran

Dalam pembuatan alat praktikum perawatan pompa sumur dalam (*deep well pump*), perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Sebelum membuat alat praktikum perawatan pompa sumur dalam (*deep well pump*) sebaiknya perlu melakukan perencanaan dan membuat sketsa gambarnya.
2. Ukuran dalam pembuatan meja praktikum harus diperhatikan agar pemasangan komponen-komponen yang lainnya bisa tepat.
3. Untuk menambah pengetahuan tentang pembuatan alat praktikum perawatan pompa sumur dalam (*deep well pump*) diharapkan mencari sumber-sumber buku referensi yang lain.
4. Alat ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk keperluan yang lebih bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Khurmi, R. S. dan Gupta, J. K. 2002. *A Textbook of Machine Design*. New Delhi : Eurasia Publishing House (pvt) LTD.
- Niemann, G. 1999. *Elemen Mesin Jilid 1*, Edisi Kedua. Jakarta : Erlangga.
- P. Beer, Ferdinand. 1992. *Mechanics of Materials*, Edisi Kedua. England : Mc Graw Hill.
- Popov, E. P. 1989. *Mekanika Teknik (Mechanics of Materials)*, Edisi Kedua (versi S1). Jakarta : Erlangga.
- Sucahyo, Bagyo. 2004. *Pekerjaan Logam Dasar*. Jakarta : PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Sularso dan Suga K. 2002. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Sularso dan Tahara, Haruo. 1985. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Wiryo Sumarto, Harsono dan Okumura, Tushie. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita